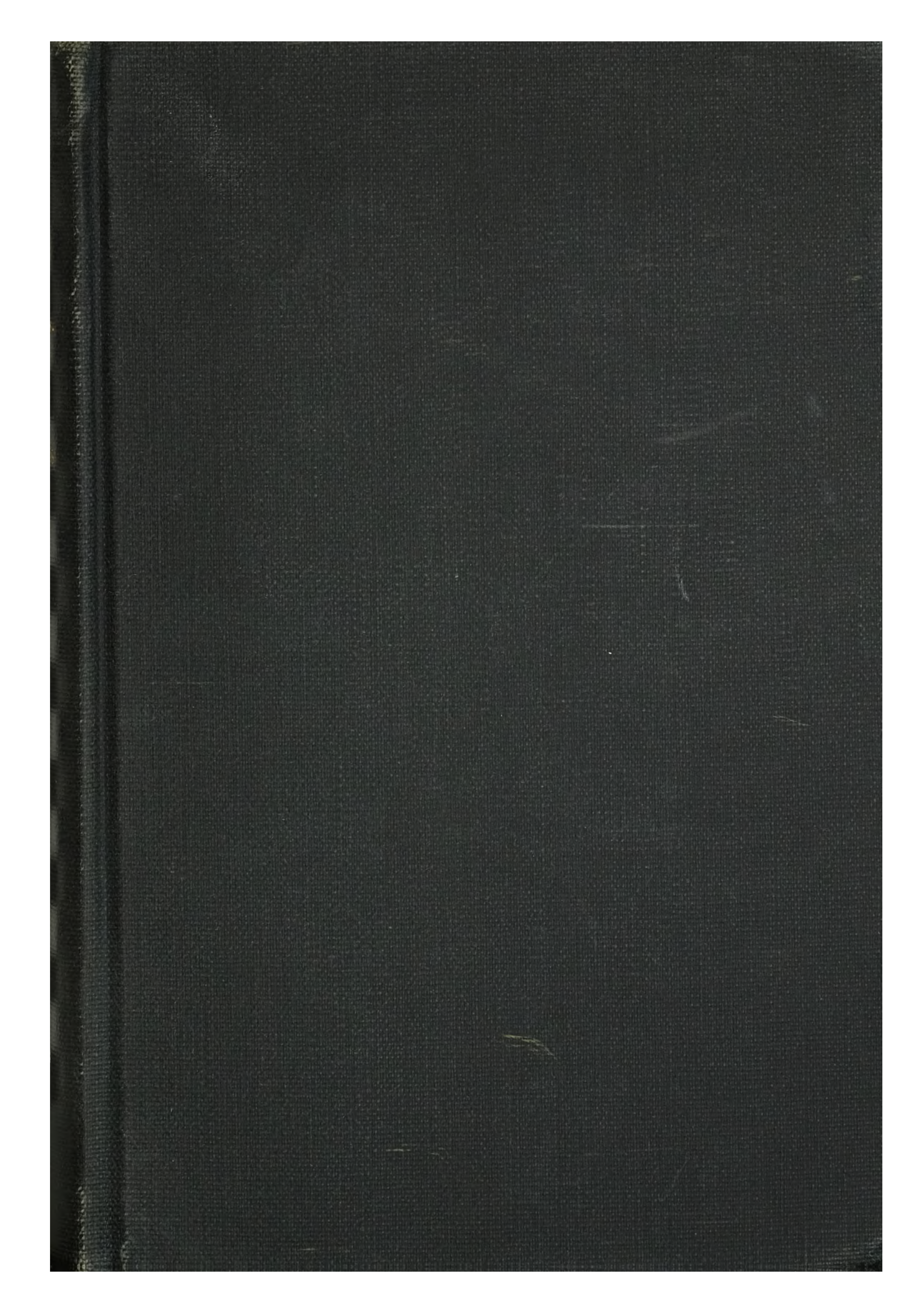
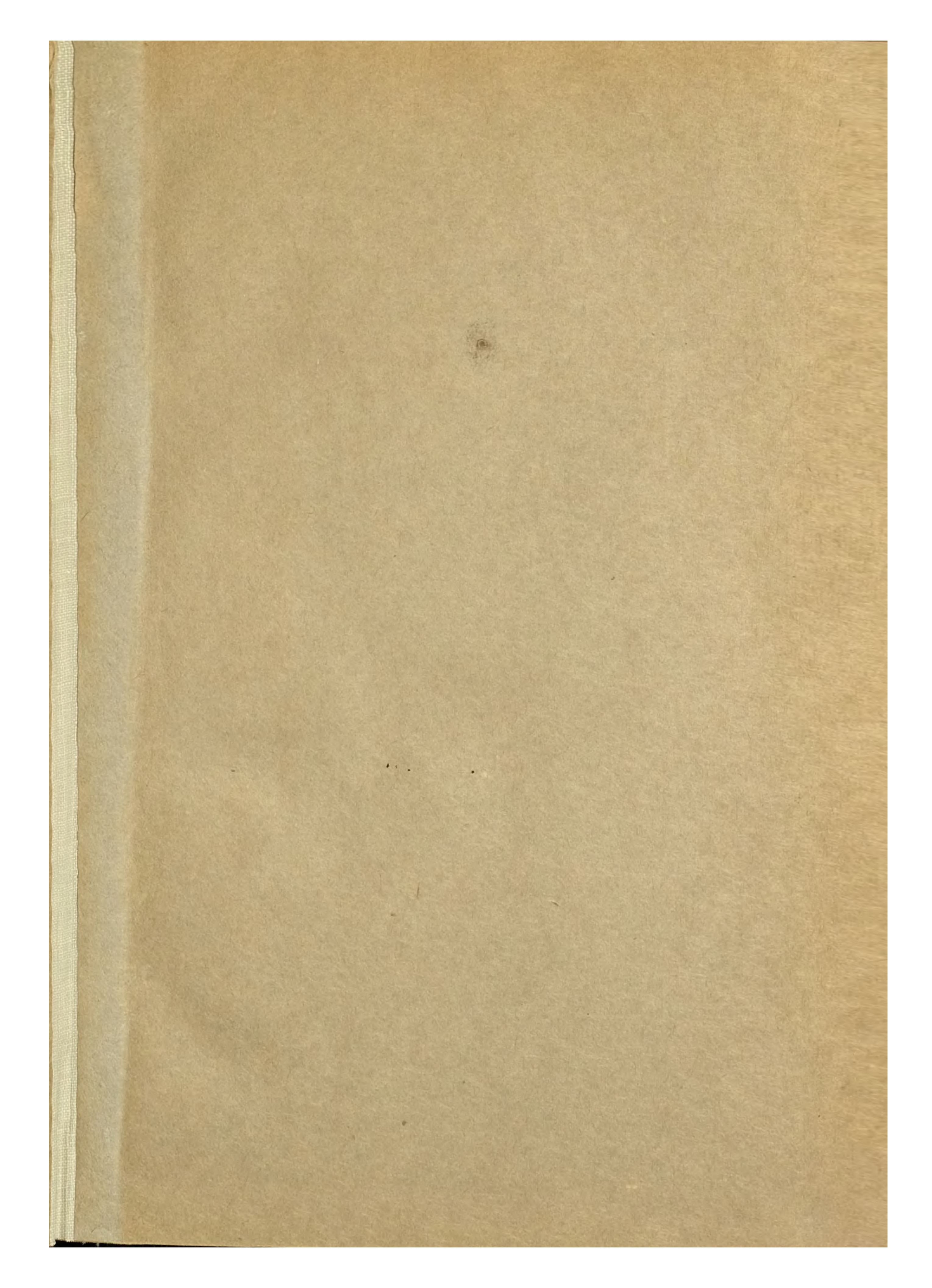






VERHANDLUNGEN

DES

NATURHISTORISCH-MEDIZINISCHEN VEREINS

ZU

HEIDELBERG

NEUE FOLGE

DREIZEHNTER BAND

MIT 15 TAFELN UND 110 ABBILDUNGEN IM TEXT

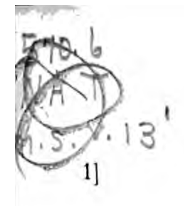
(UNTER DER SCHRIFTLEITUNG VON PROF. DR. WILHELM SALOMON
UND RECHNUNGSRAT DR. PHIL. NAT. DANIEL HÄBERLE
IN HEIDELBERG)



HEIDELBERG
CARL WINTERS UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG
1914—1917

Verlags-Nr. 1413

Inhalt.



Geologische Untersuchung der permischen Abtragungsfläche im Odenwald und in den übrigen deutschen Mittelgebirgen. II.[1])

(Ein paläogeographischer Versuch.)

Von **Adolf Strigel.**

Mit 8 Textfiguren.

Inhaltsverzeichnis.

[1]) Der erste Teil dieser Untersuchung, welcher lediglich den Odenwald betraf, ist erschienen in den Verhandlungen d. Naturhist.-Mediz. Vereins 1912, Bd. XII, S. 63—172.

Nachtrag zum Literaturverzeichnis des I. Teiles.

1877.

ROTHPLETZ, A., und DATHE, E., Erläuterungen zu Sektion Rochlitz, Leipzig 1877.

DATHE, E., Erläuterungen zu Sektion Geringswalde, Leipzig 1878.

ROTHPLETZ, A., Erläuterungen zu Sektion Frohburg, Leipzig 1878.

1879.

CREDNER, G. R., und DATHE, E., Erläuterungen zu Sektion Leisnig, Leipzig 1879.

DATHE, E., Erläuterungen zu Sektion Doebeln, Leipzig 1879.

PENCK, A., Erläuterungen zu Sektion Colditz, Leipzig 1879.

1880.

KOCH, C., Erläuterungen zu Blatt Königstein; Lieferung 15 der geologischen Spezialkarte von Preußen usw., Berlin 1880.

PENCK, A., Erläuterungen zu Sektion Grimma, Leipzig 1880.

1881.

DALMER, K., Erläuterungen zu Sektion Borna, Leipzig 1881.

HAZARD, J., Erläuterungen zu Sektion Lausigk, Leipzig 1881.

SAUER, A., Erläuterungen zu Sektion Naunhof, Leipzig 1881.

1882.

KOCH, C., Erläuterungen zu den Blättern a) Frankfurt, b) Sachsenhausen; Lieferung 21 der geologischen Spezialkarte von Preußen usw., Berlin 1882.

SCHALCH, F., Erläuterungen zu Sektion Brandis, Leipzig 1882.

1883.

Blatt Wippra, Lieferung 16 der geologischen Spezialkarte von Preußen usw., geognostisch bearbeitet von: E. BEYRICH, K. A. LOSSEN, E. WEISS und F. MOESTA, Berlin 1883.

Blatt Schwenda, Lieferung 16 der geologischen Spezialkarte von Preußen usw., geognostisch bearbeitet von E. BEYRICH, K. A. LOSSEN und F. MOESTA, Berlin 1883.

KAYSER, E., Erläuterungen zu Blatt Leimbach; Lieferung 16 der geologischen Spezialkarte von Preußen usw., Berlin 1883.

1884.

BORNEMANN, J. G., Von Eisenach nach Thal und Wutha; Jahrb. der Kgl. preuß. geol. Landesanstalt usw. für 1883, Berlin 1884.

KAYSER, E., Erläuterungen zu a) Blatt Gerbstädt, b) Blatt Cönnern; Lieferung 18 der geologischen Spezialkarte von Preußen usw., Berlin 1884.
— MOESTA, F., und WEISS, E., Blatt Mansfeld; Lieferung 16 der geol. Spezialkarte von Preußen usw., Berlin 1884.
MOESTA, F., Erläuterungen zu Blatt Kelbra; Lieferung 9 der geol. Spezialkarte von Preußen usw., Berlin 1884.
SIEGERT, TH., Erläuterungen zu Sektion Mutzschen, Leipzig 1884.
SPEYER, O., Erläuterungen zu Blatt Wettin; Lieferung 18 der geol. Spezialkarte von Preußen, Berlin 1884.

1885.

LORETZ, H., Erläuterungen zu den Blättern a) Sonneberg, b) Steinheid; Lieferung 30 der geol. Spezialkarte von Preußen usw., Berlin 1885.
SCHALCH, F., Erläuterungen zu Sektion Wurzen, Leipzig 1885.
SIEGERT, TH., Erläuterungen zu Sektion Oschatz-Mügeln, Leipzig 1885.

1886.

SIEGERT, TH., Erläuterungen zu Sektion Lommatzsch-Stauchitz, Leipzig 1886.

1888.

BORNEMANN, J. G., Mitteilung über Aufnahmen auf Blatt Wutha; Jahrbuch der Kgl. preuß. Landesanstalt usw. für 1887, Berlin 1888.
HAZARD, J., Erläuterungen zu Sektion Dahlen, Leipzig 1888.
SCHALCH, F., Erläuterungen zu Sektion Oschatz-Wellerswalde, Leipzig 1888.
SUESS, E., Antlitz der Erde, Bd. II, Wien 1888.

1889.

KLEMM, G., Erläuterungen zu Sektion Riesa-Strehla, Leipzig 1889.
SAUER, A., Erläuterungen zu Sektion Meißen, Leipzig 1889.
SIEGERT, TH., Erläuterungen zu Sektion Hirschstein, Leipzig 1889.

1891.

BÜCKING, H., Erläuterungen zu den Blättern a) Bieber, b) Langenselbold, c) Lohrhaupten; Lieferung 49 der geol. Spezialkarte von Preußen usw., Berlin 1891.

1892.

ANDREAE, A., BENECKE, E. W., SCHUHMACHER, E., und WERVEKE, L. VAN, Erläuterungen zu Blatt Weißenburg, Straßburg 1892.
DALMER, K., Erläuterungen zu Sektion Lommatzsch-Leuben, Leipzig 1892.
— HAZARD, J., und SAUER, A., Erläuterungen zu Sektion Leipzig, 1892.
REGEL, F., Thüringen; geographisches Handbuch, Jena 1892.

1894.

GRUBE-EINWALD, L., Geognost.-geolog. Exkursionen in der Umgebung Frankenhausens; Beilage zum Jahresber. des Realgymnasiums Frankenhausen, Frankenhausen 1894.

1899.

REINACH, A. VON, Erläuterungen zu den Blättern a) Hüttengesäß, b) Windecken; Lieferung 77 der geol. Spezialkarte von Preußen usw., Berlin 1899.

1900.

GÜRICH, G., Geologischer Führer in das Riesengebirge.

1901.

HOLTHEUER, R., Talgebiet der Freiberger Mulde; Beilage zum Jahresbericht der Realschule Leisnig.

1902.

KETZER, A., Der Oberflächenbau des Talsystems der Zwickauer Mulde; Beilage zum Jahresbericht der III. Städt. Realschule zu Leipzig.

1904.

PHILIPPSON, A., Das Mittelmeergebiet, Leipzig 1904.

ZIMMERMANN, E., Erläuterungen zu Blatt Plaue; Lieferung 64 der geol. Spezialkarte von Preußen usw., Berlin 1904.

1905.

RICHTHOFEN, F. v., Geologie; in: Neumayer, Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen, III. Aufl., Hannover 1905.

1906.

LÖWL, F., Lehrbuch der Geologie.

LORETZ, H., Erläuterungen zu Blatt Masserberg; Lieferung 64 der geol. Spezialkarte von Preußen usw., Berlin 1906.

1907.

BODE, A., Erläuterungen zu Blatt Seesen; Lieferung 100 der geol. Spezialkarte von Preußen usw., Berlin 1907.

1908.

Blatt Schleusingen, geognost. bearbeitet von F. BEYSCHLAG, K. VON FRITSCH, R. SCHEIBE und E. ZIMMERMANN, erläutert durch R. SCHEIBE; Lieferung 64 der geol. Spezialkarte von Preußen usw., Berlin 1908.

Blatt Suhl, geognost. bearbeitet von F. BEYSCHLAG, K. VON FRITSCH, R. SCHEIBE und E. ZIMMERMANN, erläutert durch E. ZIMMERMANN mit Beiträgen von R. SCHEIBE; Lieferung 64 der geol. Spezialkarte von Preußen usw., Berlin 1908.

LORETZ, H., SCHEIBE, R., und ZIMMERMANN, E., Erläuterungen zu Blatt Ilmenau, Lieferung 64 der geol. Spezialkarte von Preußen usw., Berlin 1908.

ZIMMERMANN, E., Erläuterungen zu Blatt Crawinkel-Gräfenroda; Lieferung 64 der geol. Spezialkarte von Preußen usw., Berlin 1908.

1909.

FRECH, F., Aus der Vorzeit der Erde, Bd. IV; in Natur und Geisteswelt, Leipzig 1909.

GERLACH, M., Das Rotliegende in Eisenachs Umgebung.

WAGNER, P., Die geol. Übersichtskarte des Königreichs Sachsen; Zeitschrift für prakt. Geologie, Jahrgang 1909.

1911.

FRECH, F., Aus der Vorzeit der Erde; Bd. V in Natur und Geisteswelt, Leipzig 1911.

LEPSIUS, R., Geol. Führer durch das Großherzogtum Hessen, Darmstadt 1911.

REGELMANN, K., Erläuterungen zu Blatt Enzklösterle, Stuttgart 1911.

WILZ, A., Über Oberflächengestaltung im Spessart; Programmbeilage der städt. Handelsrealschule, Frankfurt a. M. 1911.

1912.

BUBNOFF, S. v., mit Beitrag von J. WILSER, Das Gebiet der Dinkelberge zwischen Wiese und Rhein. Jahresber. etc. d. Oberrhein. Geol. Ver. 1912, Heft 2.

DEECKE, W., Das Großherzogtum Baden; I. Bd. Geologie, Karlsruhe 1912.

DINU, J., Spalten im östlichen Pfälzerwald; Verh. d. Nat.-Mediz. Ver. Heidelberg, N. F., I. Bd., 3. Heft, Heidelberg 1912.

1913.

HÄBERLE, D., Der Pfälzerwald, ein Beitrag zur Landeskunde der Rheinpfalz.

HENNING, K. L., Neuere Forschungen zur Tektonik und Geomorphologie der Ver. Staaten von Nordamerika; geographische Zeitschr., 19. Jahrg., 12. Heft.

HETTNER, A., Rumpfflächen und Pseudorumpfflächen; geograph. Zeitschrift, 19. Jahrg., 4. Heft.

MEYER, H. L. F., Über den Zechstein im Spessart und Odenwald; Centralbl. f. Min., Geol. u. Pal., Jahrg. 1913, Nr. 23, Stuttgart 1913.

SCHMITTHENNER, H., Die Oberflächengestaltung des nördl. Schwarzwaldes, Diss. Karlsruhe 1913.

SCUPIN, H., Geol. Führer in die Umgegend von Halle a. S., Berlin 1913.

WEGENER, TH., Geologie Westfalens und der angrenzenden Gebiete, Paderborn 1913.

WILSER, J., Die Perm-Triasgrenze im südlichen Baden; Berichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. B., Bd. 20.

1914.

SAPPER, K., Über Abtragungsvorgänge in den regenfeuchten Tropen; Geograph. Zeitschrift, 20. Jahrg., 1. Heft.

Die permische Abtragungsfläche in den übrigen deutschen Mittelgebirgen.

Es folgen aus der geologischen Literatur Deutschlands Angaben über die Beschaffenheit der Grundgebirgsoberfläche in den übrigen deutschen Mittelgebirgen.[1])

Spessart.

Hier ragten nach BÜCKING[2]) einzelne Teile des Grundgebirges insel- und riffartig in das Meer empor, in welchem die Sedimente des Rotliegenden, des Zechsteins und der unteren Abteilung des Buntsandsteins zum Absatz gelangten. Nach den Erläuterungen zu Blatt Bieber[3]) ergibt sich dies aus den Lagerungsverhältnissen auf Blatt Bieber bei Geiselbach und längs der Straße zwischen Großenhausen und Huckelheim, auch an der Heiligkreuz-Ziegelhütte bei Großkahl und bei Bieber. Schon lange vor der Zeit des Rotliegenden war das kristallinische Gebirge aufgerichtet und gefaltet worden; und als jenes sich bildete, waren schon sehr weitgehende Abtragungen in dem alten Gebirge erfolgt; große Einbuchtungen und muldenförmige Vertiefungen waren entstanden, in welchen sich auf den Schichtköpfen der steilgestellten kristallinen Schiefer die Sedimente des Rotliegenden und Zechsteins niederschlugen. Demzufolge zeigen die Ablagerungen vom Rotliegenden aufwärts allenthalben, wo sie mit dem Grundgebirge in Berührung treten, eine deutlich übergreifende Lagerung.[4]) Das Rotliegende hat sich „bei Bieber hart am Rande und nur in muldenförmigen Vertiefungen des schon damals aufgerichteten und steil einfallenden kristallinischen Grundgebirges abgelagert.“[5]) In

---

1) Eine erschöpfende Berücksichtigung der Literatur war mir unmöglich, da mir diese teils gar nicht, teils zu spät zugänglich war. Die größten Lücken hoffe ich durch spätere Nachträge ausfüllen zu können.

2) Hauptverz. 1892, S. 6.

3) H. BÜCKING, Nachtrag 1891, S. 5.

4) BÜCKING, Hauptverz. 1892, S. 6.

5) Hauptverz. 1892, S. 131.

den Erläuterungen zu Blatt Lohrhaupten[1]) wird das folgendermaßen begründet: „Während das Rotliegende am Breitenacker ziemlich mächtig entwickelt ist, fehlt es am Birkicht, im Lochborn und am Burgberg, wo der Bergbau allenthalben gute Aufschlüsse geliefert hat, vollständig. Nur im Langfeld, südlich von Röhrig, ist es, nach Funden an den alten Schachthalden zu urteilen, noch vorhanden. Es setzt sich vom Breitenacker und vom Langfelde aus unter dem Zechstein bis zum Läger am nordwestlichen Abhange des Burgberges fort und keilt sich erst ungefähr längs einer vom Schieferschacht am Läger nach der Brücke am Bocksrain gezogenen Linie nach Osten hin aus. Auf der rechten Talwand zwischen Röhrig und Büchelbach sind mit einigen Schächten südlich von dem Kobaltgang dieselben Konglomerate wie am Breitenacker unmittelbar unter der Diluvialbedeckung durchteuft worden". „Dadurch daß das Rotliegende die muldenförmigen Vertiefungen im steil aufgerichteten Grundgebirge des nördlichen Spessarts ausfüllte, wurde eine im allgemeinen mehr ebene Fläche hergestellt, auf welcher die Sedimente der Zechsteinformation in regelmäßiger Folge zum Absatz gelangen konnten.[2]) Dabei ist zu beachten, daß die Zechsteinschichten besonders nach Süden und Osten hin weit über das Rotliegende übergreifen und an vielen Orten direkt, ohne Unterlage des Rotliegenden, sich an und auf das Grundgebirge gelagert haben. In bezug auf die Lagerung des Zechsteins im Spessart ist zu betonen, daß derselbe da, wo er nicht auf Schichten des Rotliegenden aufruht, dem Grundgebirge ungleichförmig an- und aufgelagert ist. In den alten Erosionsmulden des letzteren ist die Zechsteinformation deshalb im allgemeinen mächtiger und zum Teil vollständiger entwickelt, während sie an anderen Stellen nur mit ihren oberen Gliedern teilweise zur Ausbildung gelangt ist." Bücking führt dafür mehrere Belege an. Der Bröckelschiefer lehnt sich vielerorts ohne Zechsteinunterlage direkt an das kristallinische Urgebirge an[3]), und zwar sind die Stellen, an denen Zechstein oder Bröckelschiefer direkt dem Grundgebirge auflagern, Erhöhungen der Grundgebirgsoberfläche, wie nach dem Idealprofil (a. a. O., Fig. 8, S. 155) zu schließen ist. Hier erscheint die Fläche uneben,

---

[1]) H. Bücking, Nachtrag 1891, S. 7.
[2]) Hauptverz. 1892, S. 132.
[3]) Hauptverz. 1892, S. 173 u. 174.

indem drei Buckel angegeben sind, von denen einer bis in die Bröckelschiefer emporragt.

Die Sedimente vom Rotliegenden aufwärts haben im allgemeinen eine von der horizontalen nur wenig abweichende Lagerung.[1]) Also müssen die Unebenheiten der kristallinen Auflagerungsfläche schon vor der Bildung dieser Sedimente entstanden sein. Nur bei Bieber folgt nach Bücking der Zechstein den kleinen muldenförmigen Vertiefungen und kuppelförmigen Erhebungen des Gneises gleichförmig. Hier muß man nach Bücking annehmen, daß die letzteren erst nach der Ablagerung des Zechsteins entstanden seien.[2])

An der Basis des unteren Zechsteins finden sich Konglomerate von 1—1½ m Mächtigkeit. Es hat also die Brandung des Zechsteinmeeres im Spessartgrundgebirge abtragend gewirkt, doch dürfte dieser Abtragung in Anbetracht der geringen Mächtigkeit des Konglomerates keine allzu große Bedeutung beizumessen sein. Da stellenweise (so östlich Obersailauf nach Bücking, Hauptverz. 1892, S. 155) der Hauptdolomit (mittlerer Zechstein) ohne Konglomerate auf dem Grundgebirge ruht, ist anzunehmen, daß die Abtragung nur zu Beginn des Zechsteins, nicht während der ganzen Zechsteinperiode wirksam war.

Nach Thürach[3]) ragten aus dem Zechsteinmeere „noch einzelne klippenreiche Inseln“ empor, „welche während der Bildung des unteren Buntsandsteins ebenfalls mit Sedimenten überdeckt wurden“.

Mit der Auflagerungsfläche des Zechsteins und Buntsandsteins auf Grundgebirge im südlichen Vorspessart befaßt sich Goller eingehender[4]): „Ein Blick auf die Karte genügt, um den Schluß zu ziehen, daß der Untergrund des damaligen Zechsteinmeeres einen im höchsten Grade wechselvollen, bergigen Charakter trug und von zahlreichen Felsenriffen und tiefen Einsenkungen dazwischen durchzogen war. Es finden sich die untersten Ablagerungen bei Gailbach und am Korsberg in einer Höhe von etwa 230 m, in Dörrmorsbach bei 316 m; dazwischen ragt die Gneiskuppe des Heinrichsberges bis zu 342 m empor. Zwischen dem Bröckelschiefer von Schweinheim und vom Hermesbuckel

[1]) H. Bücking, Nachtrag 1891, b), S. 3 und Nachtrag 1891, a), S. 5.
[2]) H. Bücking, Nachtrag 1891, c), S. 7.
[3]) Hauptverz. 1893, S. 4.
[4]) Hauptverz. 1889.

beträgt der Höhenunterschied etwa 130 m, und im Sodenertal steigt die untere Triasgrenze ebenfalls von 160—250 m. Spätere Dislokationen als Ursache dieser Erscheinung anzunehmen, ist nach den gemachten Beobachtungen nicht zulässig." Der Zechstein ist nur in einzelnen günstig gelegenen Mulden abgelagert. Das Vorkommen von Zechstein im Sodener Tal steht mit dem Schweinheimer Zechstein kaum in Verbindung, wenn auch die gleiche Höhenlage dies wahrscheinlich machen möchte, denn zwischen beiden Punkten erhebt sich das Grundgebirge empor und ist dort direkt vom unteren Buntsandstein überlagert (a. a. O., S. 502).

„Von den beiden beschriebenen Orten abgesehen (Gailbach und Sodener Tal: der Verf.) wird der Gneis überall unmittelbar von der unteren Abteilung des unteren Buntsandsteins, dem Bröckelschiefer, überlagert. Der Bröckelschiefer schmiegt sich dem hügeligen Untergrund in jeder Weise an, seine Schichten überkleiden die Höhen und gleichen alle Unebenheiten aus." Die Mächtigkeit des Bröckelschiefers schwankt infolge der Unebenheit des Untergrundes ganz außerordentlich. „Erst nachdem der Bröckelschiefer einen ebenen Untergrund für spätere Ablagerungen hergestellt hatte, beginnt mit der zweiten Abteilung des unteren Buntsandsteins, «dem feinkörnigen Sandstein», ein gleichbleibender Horizont" (a. a. O., S. 503). Da, wo der Bröckelschiefer ohne Zechsteinunterlage sich direkt an das kristallinische Urgebirge anlehnt, bestehen die untersten Bänke aus einer etwa 2 m mächtigen Grundgebirgsbreccie. Es hat also auch zu Beginn des Buntsandsteins hier noch einmal eine Abtragung an den noch freiliegenden höchsten Teilen des Grundgebirges stattgefunden.

Die Konglomerate und Breccien des Oberrotliegenden bestehen auf Blatt Langenselbold südlich der Kinzig wesentlich aus Gesteinen des Spessarter Grundgebirges.[1]) Daselbe ist der Fall bei den Konglomeraten und Breccien des Oberrotliegenden im Gebiete der Blätter Bieber[2]) und Lohrhaupten[3]), während in der Wetterau die Konglomerate des Rotliegenden sowohl Taunus- wie Spessartgesteine führen.[4]) Also muß das Grundgebirge

[1]) H. Bücking, Nachtrag 1891, b), S. 15.
[2]) H. Bücking, Nachtrag 1891, a), S. 27.
[3]) H. Bücking, Nachtrag 1891, c), S. 7.
[4]) v. Reinach, Hauptverz. 1892, S. 14.

des Spessarts in der Zeit des Oberrotliegenden eine Erhebung gebildet haben. Diese Aufragung stellt eine deutliche Ablagerungsgrenze für das gesamte Rotliegende nach Südosten hin dar. Denn wir sehen längs der Nordwestgrenze des Spessarts die einzelnen Stufen der Reihe nach in der Richtung nach S und O transgredieren. Das Oberrotliegende transgrediert über das Mittelrotliegende der Wetterau und des Büdinger Waldes[1]) und zwar bei konkordanter Überlagerung. Der Zechstein greift besonders nach S und O weit über das Rotliegende auf das Grundgebirge über. Man kann sich denken, daß Mittel- und Oberrotliegendes ursprünglich eine größere Verbreitung gehabt und jeweils vor Absatz der nächst jüngeren Stufe starke Zerstörung erlitten hätten. In diesem Falle müßte sich aber Diskordanz gegen die jüngeren Absätze beobachten lassen, was nicht der Fall ist.[2]) Auch die Bröckelschiefer des unteren Buntsandsteins transgredieren, wie schon oben erwähnt, vielfach über den Zechstein auf kristallines Gebirge, ohne daß zwischen Zechstein und Buntsandstein eine Diskordanz vorhanden wäre.

Die Gebirgsnähe gibt sich auch in der Gesteinsbeschaffenheit des Rotliegenden kund. Während auf Blatt Langenselbold nach Bücking das Rotliegende nördlich der Kinzig lediglich aus roten Schiefertonen mit untergeordneten Sandsteineinlagen besteht, begegnet man südlich der Kinzig Konglomeraten. Diese zeichnen sich zunächst noch durch deutliche Schichtung und allseitige Rundung der Geschiebe aus, gehen aber allmählich mit der Annäherung an das kristalline Gebirge des nordwestlichen Spessarts in eine schichtungslose Grundgebirgsbreccie über.[3]) Der gleiche Wechsel vollzieht sich auf dem Gebiete des Blattes Bieber mit der Annäherung an den Quarzitschiefer des Grundgebirgs.[4]) Bücking nimmt an, daß der kristalline Spessart einen „unregelmäßig gestalteten alten Uferrand“ des Rotliegend-Meeres gebildet habe.[5]) Wir wollen uns vorderhand auf die Feststellung beschränken, daß der kristalline Spessart eine primäre horizontale Ablagerungsgrenze für das Rotliegende gebildet haben muß, ohne eine bestimmte Auffassung über die Entstehung des Rotliegenden zugrundezulegen.

[1]) Bücking, Hauptverz. 1878, S. 57.
[2]) Bücking, Hauptverz. 1892, S. 132.
[3]) H. Bücking, Nachtrag 1891, b), S. 15.
[4]) H. Bücking, Nachtrag 1891, a), S. 27.
[5]) Nachtrag 1891, b), S. 3.

Zwei neuere Arbeiten, von Wilz und Meyer, befassen sich ebenfalls mit der Grundgebirgsoberfläche im Spessart. Nach Wilz[1]) war die permische Rumpffläche im Spessart keine völlig ebene Fläche. Das läßt sich am Stufenrande, wo sie unter der Schichtentafel hervortritt, beobachten. Die Lagerung des Zechsteins gegen das Grundgebirge am Steinchenberg, an der Polsterhecke und bei Huckelheim läßt den Schluß zu, daß die Vertiefung bei Huckelheim schon in der alten Rumpffläche bestanden hat. Gut läßt sich das Hervortreten der Fläche am Westrande des Gräfenberges und Klosterberges beobachten. Der Zechstein bedeckt hier noch auf eine größere Strecke hin das Grundgebirge und ist teils an-, teils übergelagert. Am Südrand des Gräfenberges läßt die Lagerung des Zechsteins gegen das Grundgebirge deutlich eine kleine Erhebung der alten Rumpffläche erkennen. Daß es sich hier um keine nachträgliche Verbiegung handelt, zeigt die ungestörte Lagerung des Zechsteins. Auch die Polsterhecke, der Steinchenberg bei Oberwestern und die höheren Teile des Hahnenkamms bildeten kleine Erhebungen in der alten Rumpffläche und sind nicht erst nach Abtragung der Schichtentafel heraus präpariert worden. Am Steinchenberg bei Oberwestern läßt sich noch beobachten, wie er unter dem Zechstein hervortaucht. Wilz unterscheidet nicht deutlich zwischen den mit Sedimenten bedeckten und den davon entblößten Teilen der Grundgebirgsoberfläche. Der Hahnenkamm ist nicht mehr von permischen Sedimenten bedeckt. In bezug auf die jetzige Oberfläche des kristallinen Spessarts vertritt er die gleiche Auffassung wie Hauck für den kristallinen Odenwald, nämlich, daß man an ihr noch die paläozoische Rumpffläche, auf welcher die permischen Sedimente zur Ablagerung gekommen sind, erkennen könne. Im Gebiet der Glimmerschieferformation soll sich diese noch gut rekonstruieren lassen. „Denken wir uns das Kahltal samt seinen Seitentälchen ausgefüllt, so bilden die zwischen den Bächen stehenden Gebirgsteile eine zusammenhängende Masse mit schwachwelliger Oberfläche. Wir haben dann ein Stück der paläozoischen Rumpffläche.“ Ein beigegebenes Kärtchen bietet einen Versuch der Rekonstruktion dieses Flächenstückes. Die Fläche soll sich im ganzen nach SO senken, und zwar vom Bruchrande des Spessarts bis zum Stufenrande ungefähr um 100 m. Die auffallende Vertiefung an der Oberfläche des kristallinen Ge-

[1]) Nachtrag 1911, S. 15.

birges, in welcher die Aschaff fließt, erinnert an die Weschnitz-Senke im Odenwald. Dieselbe Annahme, die HAUCK über diese macht, macht WILZ über die Aschaff-Senke, nämlich daß sie schon in der alten Rumpffläche als solche bestanden habe, also permischen Alters und durch Ausräumung der Sedimente wieder freigelegt worden sei.[1])

WILZ verwendet meines Erachtens zu wenig Sorgfalt darauf, die heutige Grundgebirgsoberfläche mit der Auflagerungsfläche der Sedimente in Beziehung zu bringen. Unter anderem wird nicht untersucht, ob die Neigung der rekonstruierten Fläche nach SO hin sich mit derselben Stärke unter den Sedimenten fortsetzt. Der Beweis für das permische Alter der Aschaff-Senke erscheint noch weniger überzeugend als der HAUCKS betreffs der Weschnitz-Senke.

MEYER schildert die Auflagerungsfläche des Zechsteins und der Bröckelschiefer auf dem Grundgebirge als flachwelliges Bergland, für das die Bezeichnung als „Fastebene" nicht zutrifft. Schon im nördlichen Spessart, wo im allgemeinen die Schichtenfolge des Zechsteins noch vollständig ist, ragt das Grundgebirge mehrmals hoch auf, so daß die höheren Zechsteinglieder transgredieren. Weiter südlich wird dieses Transgredieren zur Regel. In unregelmäßigen Kuppen und Hügeln greift das kristalline Gestein nach oben. Die ältesten Glieder des Zechsteins, Konglomerat und Kupferletten, finden sich nur noch an den tiefsten Stellen der Eintiefungen zwischen den Hügeln. Solche Vertiefungen folgen vielfach dem Streichen des Grundgebirges. Im ganzen steigt der kristalline Untergrund des Zechsteins langsam nach S auf, infolge davon verringert sich die Mächtigkeit des Zechsteins nach S immer mehr, doch ist die Abnahme wegen des unregelmäßigen Reliefs des Grundgebirges nicht gleichmäßig. Die kristalline Oberfläche ist nicht durch Abrasion des Zechsteinmeeres entstanden, denn wir finden nur geringmächtige Basiskonglomerate, und auch diese sind nur von lokaler Bedeutung.

Betreffs der heutigen Oberfläche des kristallinen Spessarts steht MEYER der Auffassung von WILZ sehr skeptisch gegenüber. „Die unebene Auflagerungsfläche des Zechsteins stimmt nur an manchen Stellen mit der heutigen Oberfläche sicher überein", nicht überall. Die heutige kristalline Oberfläche ist

[1]) A. a. O., S. 17.

wie im Odenwalde durch Verebnungen gekennzeichnet, während dagegen die Auflagerungsfläche des Zechsteins große Unebenheiten zeigt. Es erscheint daher bedenklich, die beiden ohne weiteres zu verknüpfen. Gerade nahe den Orten, wo die Auflagerungsfläche der Sedimente am unregelmäßigsten ausgebildet ist, am Gräfenberg und Umgegend, ist die kristalline Oberfläche völlig eben, bei Johannisberg und Sternberg. In der Gegend von Geiselbach und Horbach läßt sich sogar „mit Sicherheit zeigen, daß die heutige Oberfläche von der permischen Fläche ganz unabhängig ist". MEYER nimmt daher an, daß die Verebnungen auf den kristallinen Höhen des hinteren Spessarts und Odenwalds im Perm noch nicht vorhanden gewesen, sondern erst durch jüngere Abtragung im Tertiär entstanden seien.[1])

Pfälzerwald.

Alle Autoren knüpfen an die Albersweiler Aufschlüsse an, betonen die Unregelmäßigkeit der Gneisoberfläche und die Ausfüllung der Unebenheiten durch diskordant auflagernde Sedimente.[2])

Über die Mächtigkeit des Oberrotliegenden im Pfälzerwald bemerkt THÜRACH: „Bemerkenswert ist noch, daß die Mächtigkeit des unteren Buntsandsteins im vorliegenden Gebiet — also abgesehen vom nördlichen Rande der Hardt — ziemlich konstant 50—70 m beträgt, wogegen die Mächtigkeit der oberen Abteilung des Oberrotliegenden außerordentlich wechselt. So beträgt dieselbe am Hohenberg 70—80 m, bei Annweiler gegen 100 m, am Rothenberg o. von Gräfenhausen sogar 150 m, bei Silz und Mönschweiler nur 30—40 m und bei Lambrecht höchstens 20 m."[3])

Man wird nicht fehlgehen, wenn man diese Mächtigkeitsschwankungen in erster Linie auf Unebenheiten der Grundgebirgsoberfläche zurückführt.

Schwarzwald.

ECK unterscheidet fünf Verbreitungsbezirke der paläozoischen Gesteine im Schwarzwald und bemerkt darüber[4]): „Überblickt

---

[1]) H. L. F. MEYER, Nachtrag 1913, S. 742—751.

[2]) LEPPLA, Hauptverz. 1892, a), S. 409 und Hauptverz. 1889, S. 27—48; v. GÜMBEL, Hauptverz. 1894, S. 936—945 und Hauptverz. 1897, S. 10 u. 42; VAN WERVEKE, Hauptverz. 1894, S. 15ff.

[3]) THÜRACH, Hauptverz. 1894, S. 36.

[4]) ECK, Hauptverz. 1884, S. 79, ferner Hauptverz. 1887, S. 322—355.

man auf einer richtigen Karte die Verbreitung des Kohlengebirges und des unteren Rotliegenden, so kommt man zu der Überzeugung, daß dieselben in ehemaligen muldenförmigen, südwest-nordöstlich streichenden Vertiefungen der Oberfläche des Grundgebirges zum Absatz kamen, welche wohl nicht durch Einsturz entstanden sind, wie von Herrn SANDBERGER (1876, 4, S. 948) angenommen wurde, sondern wahrscheinlich durch den Gebirgsbau vorgezeichnet waren."[1]) Die fünf Verbreitungsbezirke der paläozoischen Gesteine werden „durch mehr oder minder breite Zonen voneinander getrennt, in welchen auf kristallinische Gesteine sogleich Schichten des Buntsandsteins lagern".[2]) Diese Verbreitungsgebiete stellen nach ECK Einsenkungen dar, die wahrscheinlich durch die karbonische Faltung entstanden sind und dann mit Sedimenten ausgefüllt wurden; sie waren durch Rücken aus kristallinen Gesteinen voneinander getrennt. Die Verhältnisse des zweiten Verbreitungsbezirkes paläozoischer Sedimente werden von ECK eingehender dargestellt. Er umfaßt das Gebiet südlich vom Kamm des nördlichen Granitmassivs bis zu einer Gneiszone, welche etwa vom Kniebis bzw. Baiersbronn im Murgtale zum Kandel verläuft. Dieser Bezirk entspricht einer ehemaligen, SW—NO streichenden und durch den Gebirgsbau veranlaßten langmuldenförmigen Vertiefung der Oberfläche des Grundgebirges.[3]) Die Mulde scheint im SW breiter und tiefer, nach NO dagegen schmaler und flacher gewesen zu sein (a. a. O., S. 338). Die Hauptmulde läßt wiederum mehrere gleichsinnig verlaufende langgestreckte Nebenmulden mit trennenden Sätteln erkennen; die Nebenmulden setzen sich möglicherweise wieder aus einer Reihe kürzerer Mulden zusammen. Die Nebenmulden sind durch ältere Sedimente ausgefüllt, die trennenden Sättel zwischen ihnen sind erst von jüngeren Gesteinen bedeckt.[4])

Eine erste muldenförmige Vertiefung zieht sich längs der Nordgrenze des zweiten Verbreitungsbezirkes hin. In dieser lagerte sich das Karbon von Berghaupten ab. Die Ausfüllung einer zweiten, südwest-nordöstlich laufenden muldenförmigen Vertiefung bildeten wohl die Ablagerungen der oberen Schichten des produktiven Karbons bei Hohengeroldseck usw., von Unterrotliegendem am

[1]) ECK, Hauptverz. 1884, S. 79.
[2]) Hauptverz. 1887, S. 38.
[3]) ECK, Hauptverz. 1887, S. 333.
[4]) Hauptverz. 1887, S. 334.

West- und Nordgehänge des Mooswalds, im Lierbachtale usw.[1]) Über die letztere Vertiefung schreibt Eck schon 1884, S. 36: Das obere Kohlengebirge von Hohengeroldseck usw. bildet „zusammen mit dem auflagernden untern Rotliegenden die Ausfüllung einer nordost-südwestlich sich erstreckenden muldenförmigen Vertiefung der Oberfläche des Grundgebirges mit unebener Muldenfläche, über welche ausfüllenden Gesteine ohne irgendwelche Lagerungsstörung eine Decke von Porphyr sich ergoß“. Diese Auffassung wird durch ein schematisches Profil 1884, S. 72, veranschaulicht. „Wie weit nach Norden und nach Süden das Kohlengebirge unter den aufgelagerten Gesteinen sich forterstreckt, ist unbestimmbar; nach den beobachtbaren Grenzen schwerlich weit“ (Ebenda).

Zusammenfassend heißt es vom ganzen zweiten Verbreitungsbezirk[2]): „Überblickt man die Verhältnisse des hier geschilderten zweiten Verbreitungsbezirkes älterer Sedimente, so erkennt man, daß in demselben Absätze des Kohlengebirges, des unteren und mittleren Rotliegenden in drei langgestreckten, von SSW nach NNO streichenden muldigen Vertiefungen zum Absatz kamen, daß sich die zur Zeit des mittleren Rotliegenden ausgebrochenen Porphyre deckenartig nicht nur über die bereits vorhandenen Sedimente, sondern zum Teil auch über die muldentrennenden Sättel ergossen, und daß endlich das obere Rotliegende mit seinen unteren Schichten ebenfalls muldenfüllend, mit seinen oberen dagegen zusammenhängend über den größten Teil des Verbreitungsbezirkes zur Ablagerung gelangte.“ Die erste Nebenmulde flacht sich nach NO aus[3]); ebenso wird ein Abschluß der zweiten Nebenmulde nach SW u. a. durch die direkte Auflagerung des Buntsandsteins auf Gneis angedeutet.[4])

Eck nimmt an, daß die Hauptmulde schon durch den Gebirgsbau, d. h. durch den Bau des variskischen Gebirges vorgezeichnet sei. Auf keinen Fall läßt die Lagerung der paläozoischen Sedimente die Auffassung zu, daß die Hauptmulde oder deren Nebenmulden etwa erst durch eine junge Faltung oder einen jungen Einbruch entstanden seien.

---

[1]) Hauptverz. 1887, S. 338.
[2]) Hauptverz. 1887, S. 334.
[3]) Hauptverz. 1887, S. 335.
[4]) Hauptverz. 1887, S. 236.

Der dritte Verbreitungsbezirk paläozoischer Gesteine umfaßt nach Eck das Gebiet im S der Gneiszone vom Kandel nach Baiersbronn bis zu einer etwa vom Schauinsland nach Königsfeld gezogenen Linie. Von den älteren Sedimenten sind nur isolierte Partien erhalten geblieben. Sie bildeten zum Teil wohl schon ursprüngliche Ausfüllungen irgendwie gestalteter Vertiefungen in der Oberfläche des Grundgebirges, zwischen welchen Aufragungen des letzteren sogleich von Buntsandstein, und zwar mittlerem, bedeckt wurden.[1]) S. 349 ist von einer Aufragung des Grundgebirges im Kirnbachtale unter dem Rotliegenden und Buntsandstein nach Süden hin die Rede. Sie setzt sich auch weiter nach Osten fort. Die Verlängerung dieser Aufragungszone würde etwa Rottweil treffen.

Diese Grundgebirgsaufragung steht mit dem Schramberger Becken im Zusammenhange. Darüber erfahren wir Genaueres von Bräuhäuser.[2]) Von dem Unterrotliegenden des Gebietes schreibt er S. 18: „Der flachgemuldete Querschnitt der Ausbisse am Gehänge (Lehengericht) und die einzig mögliche Rekonstruktion der Schramberger Mulde lassen im Verein mit der Zusammensetzung der Arkosen keinen Zweifel, daß es sich um Ablagerungen handelt, die in flachen Senkungen zusammenkamen.“ Vom Oberrotliegenden heißt es a. a. O., S. 25: „Wie ru, lagert auch ro offenbar in Talmulden der alten Landschaft, aber diese sind nicht mehr so flach, vielmehr beweist eben Schramberg durch mehrere 100 m mächtige ro-Massen die Ausfüllung einer tiefen Senke. Dieselbe Füllmasse schneidet das «Aichhalter Loch» an, es handelt sich also um ein südwest-nordöstlich ziehendes dyadisches Tal, dessen Richtung auf Oberndorf deutet, wo auch wirklich 481,3 Fuß gleich 138 m ro erbohrt wurden.“ Es läßt sich auch eine südwest-nordöstliche Transportrichtung für gewisse Geschiebe feststellen. Man findet nach Bräuhäuser recht oft im Schramberger Rotliegenden als Geschiebe fluidal gestreifte Porphyre „und verkieselte Porphyrtuffe, welche genau mit den Gesteinen von Kesselberge bei Triberg übereinstimmen. Bei der allgemeinen südwest-nordöstlich verlaufenden Richtung des prädyadischen Tales liegt es sehr nahe, Transport von dorther, d. h. von Triberg anzunehmen,

[1]) Hauptverz. 1887, S. 339.

[2]) Hauptverz. 1910.

um so mehr, als dort ja sehr viel Porphyrtuff in prätriadischer Zeit erodiert worden ist, wie sein Abschneiden an der bekannten Triberger Hauptverwerfung unter dem gleichmäßig transgredierenden Buntsandstein beweist". Nach den der Arbeit BRÄUHÄUSERS beiliegenden Bohrprofilen ist das Oberrotliegende viel mächtiger als das Unterrotliegende, z. B. Bohrung in der Weihergasse in Schramberg: Mächtigkeit des Unterrotliegenden 62,7 m, des Mittelrotliegenden 72,7 m, des Oberrotliegenden etwa 365 m. Die Gesamtmächtigkeit des Rotliegenden beträgt also bei Schramberg 500 m. Dies ist nach BRÄUHÄUSER die größte Mächtigkeit des Rotliegenden in Süddeutschland.[1]) Im Kirnbachtal und beim Schwabenhof bei Schramberg wurde in geringer Tiefe Granit erbohrt. Diese schon von ECK hervorgehobene Aufragung des Grundgebirges im Kirnbachtale gehört nach BRÄUHÄUSER[2]) zum „hochliegenden Granitwall, der das dyadische Schramberger Tal südlich begleitet". Er „kam bei Dunningen[3]) wieder: Nach Durchstoßung der Jaspisdolomite stand die Bohrung im Granit."[4]) Das Detail der Grundgebirgsoberfläche erfährt von BRÄUHÄUSER[5]) eine sehr interessante Beleuchtung: „Die besten Querprofile durch dyadische Muldenfüllungen liefert . . . der Steilabfall, mit dem die Hochfläche des Eschach-Heimbachgebietes gegen die Täler von Kinzig und Schiltach abschneidet. Hier treten an verschiedenen Stellen unter den horizontal ausstreichenden Schichtbänken des Buntsandsteins tiefe, sackartige mit Rotliegendem gefüllte Mulden, von der Erosion der neuen Zeit quer durchschnitten, zutage. Sie sind eingesenkt in den Granit des Triberg-Hornberg-Schiltacher Granitmassivs". Parallel dem Schramberger Tal verläuft nach BRÄUHÄUSER[6]) noch ein anderes: „Ein zweites Tal dieser Art scheint vom Schapbachtal (Blatt Oberwolfach) über den Kaltbrunn gegen das sogenannte Strohloch zu laufen und wird von den Talzügen des Kaltbrunn und der Reinerzau geschnitten, wobei hüben (Grüßgott, auf der Lai) und drüben (Berneckschlucht) der Granit plötz-

[1]) Hauptverz. 1909, S. 23. Siehe auch S. 243, Zusatz 1.
[2]) Hauptverz. 1910, S. 27.
[3]) Östlich Schramberg, zwischen diesem und Rottweil.
[4]) Die Belege dafür siehe BRÄUHÄUSER, Hauptverz. 1910, Anhang.
[5]) Hauptverz. 1910, S. 11 u. 12.
[6]) Hauptverz. 1910, S. 25.

lich abfällt, um gewaltigen ro-Lagern Platz zu machen. Auch dieses dyadische Tal läuft SW—NO".

Auf Blatt Oberwolfach-Schenkenzell schwankt nach SAUER[1] die Mächtigkeit des Oberrotliegenden zwischen etwa 10 m und 120 m, also innerhalb recht weiter Grenzen. Sie schwankt auf kaum zwei Kilometer vom höchsten Betrag bis zum geringsten. Ein solches Anwachsen der Mächtigkeit findet z. B. vom rechten Wolfachtalgehänge zum linken statt, und dabei senkt sich gleichzeitig die Auflagerungsfläche. „So hat man sich vorzustellen, daß hier das Oberrotliegende eine Depression im Grundgebirge ausfüllt, die muldenförmig, anscheinend von N nach S gestreckt ist." In den Erläuterungen zu Blatt Gengenbach (S. 43) weist SAUER das Vorhandensein und die gegenseitige Unabhängigkeit zweier anderer, dem zweiten ECK'schen Verbreitungsgebiet angehörenden Rotliegendmulden nach. „Die beiden schon jedenfalls ursprünglich als flache Mulden begrenzten nahe beieinander liegenden Rotliegendareale von Brandeck—Durbach und vom Mooswald müssen durch einen Rücken getrennt gewesen sein." Dies wird aus der Herkunft der Geschiebe gefolgert. Die Gneisgerölle im Rotliegenden des Brandeck-Durbacher Gebietes deuten auf eine Zuführrichtung von O, S oder SW, das südlich davon gelegene Mooswald-Rotliegende erhielt Zufuhr von N bzw. NW. Es muß also ein trennender Rücken vorhanden gewesen sein. „Eine gewisse Bestätigung hierfür liefert die Schichtenlage, welche, von nachträglichen Störungen abgesehen, noch erkennen läßt, daß am Nordwestrand des Mooswaldes die Tendenz zum südwestlichen bis südlichen Einfallen vorherrscht, während im Brandeck-Durbacher Gebiet im südlichen Teile ein deutlich nordwestliches, im östlichen Teile z. B. bei der Wolfskapelle ein westliches bis südwestliches Einfallen sich geltend macht."[2]) Unter diesen „Mulden" sind ebensowenig wie unter der Schramberger Mulde und andern jüngere Faltenmulden zu verstehen, sondern Ausfüllungen älterer muldenförmiger Vertiefungen an der Oberfläche des Grundgebirges.

Auf Blatt Peterstal-Reichenbach schwankt nach SCHALCH (Erläuterungen S. 51) die Mächtigkeit des Oberrotliegenden von etwa 50 m bis 1,5 m und 2 m. Man darf diese Mächtigkeitsschwan-

---

[1]) Hauptverz. 1895, S. 50 u. 51.

[2]) SAUER, a. a. O., S. 43.

kungen wohl auf die Unebenheit des Untergrundes zurückführen. Auf Blatt Baiersbronn lagern nach K. REGELMANN (Erläuterungen S. 35 und 36) die ältesten nicht metamorphen Sedimente (nämlich das Rotliegende) „stets dem Grundgebirge direkt auf und treten zusammenhanglos, Eintiefungen im Urgebirge bis zur Abrasionsfläche ausfüllend, auf. Die Mächtigkeit dieser Ablagerung ist wechselnd; einmal bilden die nur 10—30 m mächtigen Absätze ein schmales Band zwischen Grundgebirge und Buntsandstein, gelegentlich schwellen sie aber bis zu einem 100 m dicken Gesteinskörper an".

„Bemerkenswert ist die Grenze des Oberrotliegenden mit dem Gneis nordöstlich vom Röterkopf, welche — ähnlich jener am Jägerbuckel auf Blatt Obertal — steil von 504 m auf 598 m an dem Gneis in die Höhe steigt."[1]) Das Gefälle dürfte an dieser Stelle nach der geologischen Karte auf etwa 350 m horizontal rund 100 m betragen, also etwa 16°. Das Oberrotliegende scheint mir nach der geologischen Spezialkarte zwischen Baiersbronn im Süden und Huzenbach im Norden eine talförmige Einsenkung zu erfüllen, die etwa nordsüdlich gerichtet ist. Die vorhin erwähnte Stelle würde am westlichen Talhange liegen. Die untere Grenze des Buntsandsteins hält sich zu beiden Seiten des Murgtales meist im Niveau von 550 m bis 570 m ohne wesentliche Schwankungen und dürfte daher auch in derselben ziemlich ebenen Fläche früher über das Murgtal hinweggegangen sein, sich also an der Eintiefung der kristallinen Oberfläche gar nicht oder nur schwach beteiligt haben.

Die ebenfalls mit Oberrotliegendem erfüllte Senke zwischen Mitteltal und Obertal auf dem westlichen Nachbarblatt Obertal-Kniebis (siehe unten) könnte etwa als Seitental mit dem Oberrotliegendtal auf Blatt Baiersbronn in Beziehung gestanden haben.

Auf Blatt Obertal-Kniebis herrscht in bezug auf die Ablagerungsräume des Rotliegenden und dessen Mächtigkeit Übereinstimmung mit dem östlichen Nachbarblatt.[2]) Die Mächtigkeit des Unterrotliegenden, das in der Südwestecke des Blattes Obertal zutage tritt, beträgt „beim Hirzighof etwa 90 m, bei der Rinkenkapelle etwa 140 m, zeigt also bedeutende Schwankungen innerhalb kurzer Entfernung".[3]) An der Teufelsmühle im oberen Murg-

[1]) K. REGELMANN, Hauptverz. 1908, S. 38.
[2]) K. REGELMANN, Hauptverz. 1907, S. 39.
[3]) K. REGELMANN, Hauptverz. 1907, S. 41.

tale südlich vom Pfälzerkopf steigt nach der geologischen Karte die untere Grenze von rm steil am Gneis in die Höhe, auf etwa 200 m horizontal um etwa 60 m = 17°.

Etwas weiter unten ruht zwischen Mitteltal und Obertal Oberrotliegendes direkt auf Gneis. Es beginnt „mit schmalem Streifen im Ellbach und in dem Gärtenbühl, schwillt dann am Schramberg und beim Ödenhof auf etwa 50 m an, von dort senkt es sich noch weiter bis auf die Talsohle herab. Beim vorderen Tannenfels und am Schloß ist sein Liegendes (angeschnitten in der Murg selbst) mit 70 m noch nicht erreicht. Wenig weiter westlich finden die Arkosen bereits ihr Ende und lagern an den verhältnismäßig steil bis zur Abrasionsfläche aufsteigenden Gneiß an".[1]) Die obere Grenze von ro liegt nach der geologischen Karte am Gärtenbühl bei 620 m über NN, im Ellbach bei 620—630 m, am Ödenhof bei 620 m, am vorderen Tannenfels etwa bei 640 m; sie zeigt also in der Richtung, in der die Gneisunterlage von ro stark fällt und steigt, nur geringe Änderungen der Höhenlage. Am Schloß fällt nach der geologischen Karte die Gneisgrenze auf 250 m horizontal um 60 m = 13½°; etwa rechtwinklig dazu mag dieselbe Fläche auf der entgegengesetzten Talseite auf etwa 400 m horizontal um etwa 50 m fallen = etwa 7°. Man kann sich vorstellen, daß hier ein altes Tal der Gneisoberfläche von der Murg angeschnitten ist, und zwar etwa rechtwinklig zur Talrichtung. Bei Mitteltal hätten wir alsdann den flachen Talhang und bei Obertal den steilen. Die Richtung des Tales wäre danach etwa südwest-nordöstlich. Es würde sich unter den Buntsandsteinmassen nördlich und südlich der Murg fortsetzen. Die Breite mag 2—3 km, die jetzige Tiefe im Minimum 100 m betragen. Im Langenbachgebiet erscheint auf der südlichen Talseite ein schmales Band von ro zwischen Granit und Buntsandstein, das „zwischen Schulzenteich und Wüstloch rasch anschwillt".[2]) Sowohl auf der nördlichen Talseite wie sonst ringsherum lagert Buntsandstein unmittelbar auf Granit.

Auf Blatt Enzklösterle fehlt nach K. Regelmann das Rotliegende meist zwischen kristallinem Gebirge und Buntsandstein. Eine Ausnahme bilden die Rotliegendtuffe bei Schwarzenberg. Mit Beziehung auf diese schreibt K. Regelmann: „Erwähnens-

[1]) K. Regelmann, Hauptverz. 1907, S. 64.

[2]) K. Regelmann, Hauptverz. 1907, S. 63.

wert ist, daß das schon mehrfach (Obertal, Baiersbronn) beobachtete rasche Aufhören und verhältnismäßig steile Aufsteigen der alten Rotliegendenbuchten im Grundgebirge auch hier östlich von Schwarzenberg zu sehen ist". „Noch weit geringer an räumlicher Ausdehnung ist das obere Rotliegende." Es wurden Mächtigkeiten von 1,60 m und 3,20 m zwischen Granit und unterem Buntsandstein festgestellt. Das Oberrotliegende „an der Südwestseite des Aplitbruches am Kohlhäusle" „keilt an dem aufragenden Aplitriff aus".[1])

Eck gibt in der geologischen Skizze von Baden-Baden (S. 372) eine Beobachtung von Platz über das Rotliegende von Lautenbach östlich vom Murgtal wieder. Es soll hier die Vertiefungen zwischen den einzelnen Felspartien (wohl des Granites: der Verf.) ausfüllen, und die Grundfläche soll äußerst regelmäßig sein.

Vom Rotliegenden bei Laufenburg am Südrande des Gebirges schreibt Niggli: „Mit unregelmäßiger Auflagerungsfläche, oft in taschenartigen Vertiefungen liegt auf dem Gneis brecciöses bis konglomeratisches Material".[2])

Als Zusammenfassung des Vorausgegangenen folgen einige sich auf den Schwarzwald als Ganzes beziehende Äußerungen über die Abtragungsfläche des Grundgebirges und die Lagerungsverhältnisse des darauf angehäuften Abtragungsschuttes. Lepsius schreibt im ersten Band der Geologie von Deutschland: „Die Ablagerungen des Rotliegenden haben offenbar einst die tiefsten Senken in der Oberfläche des kristallinen Grundgebirges ausgefüllt" (S. 411). Nach Sauer bildeten Schwarzwald und Vogesen, ursprünglich zusammenhängend ein Ganzes, ein „Rumpfgebirge, welches sich zusammensetzt aus einer Kernmasse von alten kristallinen Gesteinen mit mehr oder minder mächtigen Ablagerungen von Rotliegendem in den alten Vertiefungen derselben und aus einem über dem sanft gewölbten Gebirgskerne ausgebreiteten Deckgebirge von Trias usw. . . .[3]) Nach Bräuhäuser hat man es beim Rotliegenden „mit Ausfüllmassen zu tun, welche in den Buchten und Senken einer einstigen Oberfläche, der Abtragungsfläche des kristallinen Grundgebirges, angehäuft wurden. Diese wurden dadurch eingeebnet, aber ihr Verlauf blieb gekennzeichnet".[4]) Fast

[1]) K. Regelmann, Nachtrag 1911, S. 48.
[2]) Niggli, Hauptverz. 1912, S. 35.
[3]) Sauer, Hauptverz. 1899, S. 6.
[4]) Bräuhäuser, Hauptverz. 1910, S. 11.

gleich lautet eine Äußerung desselben Verfassers in den Erläuterungen zu Blatt Schramberg, S. 24. Über die Natur der Buchten und Senken spricht sich BRÄUHÄUSER noch genauer aus: „Im großen und ganzen scheint es sich um südwest-nordöstlich gerichtete Talzüge gehandelt zu haben, unter denen der bei der Stadt Schramberg gelegene der bedeutendste war".[1])

Von der „Abrasionsfläche" ist fast in sämtlichen Erläuterungen zu den Schwarzwaldkarten die Rede. Sie wird von SAUER, THÜRACH und SCHNARRENBERGER als Ebene oder Fastebene geschildert. Darunter ist aber die Auflagerungsfläche des Buntsandsteins, nicht die des Perms zu verstehen. Nach SAUER[2]) sind beide Formationen (d. h. Rotliegendes und Buntsandstein) gegeneinander „durch eine scharfe Grenze, die Abrasionsfläche, die zwischen Rotliegendem und Buntsandstein hindurchgeht, getrennt. Hieraus erklärt sich ohne weiteres, daß die Verbreitung beider nicht miteinander übereinstimmt, daß insbesondere das Rotliegende gegenüber dem Buntsandstein wesentlich kleinere Areale einnimmt und öfter unter diesem fehlt." Auf den Blättern Schramberg, Alpirsbach und Oberwolfach bildet nach BRÄUHÄUSER[3]) der Karneoldolomit durchweg die Basis des Buntsandsteinprofils. Seine Auflagerungsfläche stellt also die Abrasionsfläche dar. Sie wird geschildert wie folgt[4]): „Dagegen scheint der Karneoldolomit unter sich eine ziemlich eben abgehobelte Abtragungsfläche vorgefunden zu haben, die aus Granit und Gneis bestand; die vorher vorhanden gewesenen Mulden waren mit älterem Rotliegenden erfüllt, das nach oben ebenfalls von der Abtragung eben abgestrichen war". Die Abrasionsfläche ist nach THÜRACH[5]) „zur Zeit des obersten Rotliegenden, des Zechsteins und im vorliegenden Gebiete zum Teil auch noch während der Bildung des unteren Buntsandsteins" entstanden. THÜRACH stellt auch ausdrücklich fest, daß das Rotliegende unter der Abrasionsfläche liegt. So heißt es vom Rotliegenden in den Erläuterungen zu Blatt Zell am Harmersbach S. 35: „Es ist nicht wie der Buntsandstein gleichmäßig über das ganze Grundgebirge ausgebreitet, sondern erfüllt alte, unter der Ab-

[1]) Hauptverz. 1909, S. 24.
[2]) Hauptverz. 1899, S. 25.
[3]) Hauptverz. 1909, S. 37.
[4]) BRÄUHÄUSER, Hauptverz. 1910, S. 25.
[5]) Hauptverz. 1897, S. 7 u. 8.

rasionsfläche liegende Mulden"; und in den Erläuterungen zu Blatt Haßlach S. 23: Das Rotliegende erfüllt „alte unter der Abrasionsfläche des Buntsandsteins liegende flache Mulden im Grundgebirge, welche vorwiegend in SW—NO-Richtung ausgedehnt waren". Die Auflagerungsfläche des Buntsandsteins scheint übrigens auch nicht überall eben zu sein; vgl. K. REGELMANN[1]): „Diese Schwankungen in der Mächtigkeit des unteren Buntsandsteins (nämlich von 10—50 m) sind auf Erhebungen der Abrasionsfläche, mitunter auf offenbar schroffe Riffe zurückzuführen". „Die am Westrande unseres Gebietes beobachtete Reduktion ist nur durch das Fehlen der unteren Lagen bedingt, die wegen der Aufragungen der Abrasionsfläche . . . nicht zur Ablagerung kommen konnten." Ebenso schwankt nach BRÄUHÄUSER[2]) an der oberen Kinzig der Karneoldolomit „in seiner Mächtigkeit noch nach den Niveaudifferenzen seiner Unterlage, aber die Beträge sind ganz andere als bei ro", nämlich kleinere. „Der untere Buntsandstein, unregelmäßig stark, füllt ähnlich wie das Rotliegende vorgefundene Unebenheiten des Untergrundes."[3]) Die als „su" bezeichneten Bildungen verhalten sich stratigraphisch „auf Blatt Schramberg" ähnlich wie das Rotliegende, indem sie, in ihrer Mächtigkeit vielfach schwankend, Unebenheiten des älteren kristallinen Gebirges ausfüllen.[4]) Die von SCHMITTHENNER entworfene Karte der Auflagerungsfläche des Buntsandsteins zeigt das Vorhandensein von Bergen und Tälern in dieser Fläche.[5])

Bei Schramberg findet man jenseits der Verwerfung in der stehengebliebenen Scholle von dem permischen Talschutt, der diesseits vorhanden ist, keine Spur mehr; es lagert hier Buntsandstein unmittelbar auf Granit. An der Hochsteig schiebt sich „ein nur wenige Meter mächtiges Bänkchen Karneoldolomit dazwischen".[6]) Da aber das permische Tal von SW nach NO verlief (siehe oben S. 16), also quer zu der tertiären und wohl auch zu der permischen Hauptverwerfung, so muß man annehmen, daß die südwestliche Fortsetzung des Tales vor der Bildung der Karneoldolomites durch Abtragung verschwunden ist. Der nordöstliche

[1]) Hauptverz. 1907, S. 71.
[2]) Hauptverz. 1910, S. 26.
[3]) BRÄUHÄUSER, Hauptverz. 1911, S. 27.
[4]) BRÄUHÄUSER, Hauptverz. 1909, S. 22 u. 23.
[5]) Nachtrag 1913, S. 45.
[6]) BRÄUHÄUSER, Hauptverz. 1910, S. 29.

Teil dagegen entging diesem Schicksal, da er schon im Perm an einer Verwerfung abgesunken war und dadurch vor der Zerstörung geschützt blieb. Die Auflagerungsfläche des Buntsandsteins bzw. Karneoldolomites stellt also hier nicht bloß eine Einebnungsfläche dar, die durch Auffüllen der Grundgebirgssenken entstanden ist, sondern eine neue, jüngere Abtragungsfläche, die hier durchweg tiefere Lage hatte als die ältere frühpermische Abtragungsfläche. Dieser Abtragung fiel hier ein tiefes, mit mächtigen Schuttmassen erfülltes Tal teilweise zum Opfer.[1])

Zur Feststellung der anfänglichen Verbreitung des Schwarzwälder Rotliegenden wäre es notwendig zu wissen, ob die auffallende Verebnung, die in der Auflagerungsfläche des Buntsandsteins bzw. Karneoldolomites, der „Abrasionsfläche", vorliegt, auch anderswo mit einer vollständigen Abräumung des Rotliegenden verbunden war oder ob sie sonst überall nur durch Abtragung der Grundgebirgshöhen und Auffüllung der Senken erreicht worden ist. Wichtig scheint mir dabei, ob es Stellen gibt, an denen der Buntsandstein direkt auf Sedimenten des Mittel- oder Unterrotliegenden lagert und ob diese Auflagerung konkordant oder diskordant erfolgt. Da die Abtragung stellenweise auch nur einen Teil des Rotliegenden hätte wegräumen können, sind solche Fälle und auch die diskordante Auflagerung des Buntsandsteins auf älterem Rotliegenden a priori sehr wahrscheinlich.

Die Verhältnisse bei Schramberg zeigen, daß man aus dem bloßen Übergreifen des Buntsandsteins auf das Grundgebirge an einzelnen Stellen noch nicht ohne weiteres schließen darf, daß solche Stellen schon in der Zeit des Rotliegenden höhere Lage gehabt haben. Man muß fragen, wieweit dadurch etwa die oben wiedergegebene einfache Anschauung Ecks über die ursprüngliche räumliche Anordnung der permischen Schuttmassen im Schwarzwald eine Änderung erleidet, ob nicht etwa doch die Bildungen des Rotliegenden schon von Anfang an das ganze Gebiet in einer zusammenhängenden Decke überzogen haben, dieser Zusammenhang aber später vor der Ablagerung des Buntsandsteins unterbrochen wurde.

Es läßt sich nach meiner Ansicht nach wie vor zeigen, daß sich das Rotliegende im Gebiete des mittleren und nördlichen Schwarzwaldes schon ursprünglich in drei in etwa SW—NO aus-

[1]) Vgl. Bräuhäuser, Hauptverz. 1910, S. 29.

gedehnten, durch sedimentfreie Grundgebirgsstücken getrennten Becken abgelagert hat. Der Buntsandstein transgrediert auf einem Streifen, der sich von Baiersbronn über den Kniebis weiter nach SW erstreckt, über das Rotliegende. Sowohl auf der NW- wie auf der SO-Seite schließt sich zunächst eine Zone an, in der das Oberrotliegende auf das Grundgebirge übergreift, und dann erst folgt das Gebiet, in dem Mittel- oder Unterrotliegendes zur Ablagerung kamen. Man erkennt dies sehr gut auf einem Profile in der Richtung SO—NW, etwa von Schramberg nach Oppenau. Wollte man annehmen, daß sämtliche Stufen des Rotliegenden sich einmal in zusammenhängender Decke über das ganze Gebiet ausgebreitet haben, so müßte nicht nur vor der Ablagerung des Oberrotliegenden und vor der des Buntsandsteins eine Abtragung erfolgt sein, sondern auch zwischen der Bildung des Unter- und Mittelrotliegenden, da das Mittelrotliegende auch vielfach über das älteste Rotliegende transgrediert. Ferner müßte jede jüngere Stufe des Rotliegenden diskordant auf der älteren lagern, auch der Buntsandstein diskordant auf dem Rotliegenden. So müßte man auch Stellen erwarten, wo der Buntsandstein direkt auf Sedimenten des Mittel- oder Unterrotliegenden liegt, und zwar diskordant, da die Abtragung stellenweise auch nur das Oberrotliegende und etwa noch einen Teil des älteren Rotliegenden hätte wegräumen können. Solche Diskordanzen sind mir vom Schwarzwalde nicht bekannt. Auch erscheint die Einschaltung mehrerer Abtragungsperioden gegenüber der Annahme des ursprünglichen Getrenntseins der ältesten Bildungen arg gezwungen. Für die Ansicht, daß die heute vom Buntsandstein unmittelbar bedeckte Grundgebirgszone in ihrer ganzen Ausdehnung zusammenhängend vom ältesten Rotliegenden bedeckt war, daß dann aber das älteste Rotliegende teilweise zerstört wurde und das entblößte Grundgebirge nunmehr etwa als Erhebung eine horizontale Ablagerungsgrenze für das jüngere Rotliegende gebildet habe, scheint mir kein Grund vorzuliegen, ebensowenig für die andere Möglichkeit, daß diese Grundgebirgszone anfangs als Rücken die ältesten Bildungen des Rotliegenden getrennt habe und erst von jüngerem Rotliegenden überdeckt wurde, worauf dann aber eine Abtragung folgte, die das jüngste Rotliegende zum Teil wieder entfernte. Einfacher und richtiger scheint mir die Auffassung, daß der Grundgebirgsstreifen, längs dessen der Buntsandstein über das Perm hinweggreift, niemals vom Rotliegenden bedeckt war, son-

dern von Anfang an zwei Ablagerungsräume des Rotliegenden voneinander getrennt, also wohl als Gebirgsrücken dazwischen aufgeragt habe. Es wird sich daher auch ein Transport von Abtragungsprodukten von diesem Rücken nach den benachbarten Ablagerungsbecken nachweisen lassen. Es sind mir aber leider aus der Literatur keine derartigen Beobachtungen bekannt, vielleicht weil ich ihnen beim Studium der Literatur zuerst nicht genügende Beachtung geschenkt habe.

Die Auflagerungsfläche des Buntsandsteins liegt auf diesem Rücken fast durchweg in über 700 m Meereshöhe und geht nur ausnahmsweise unter 700 m herunter; sowohl nordwestlich des Rückens auf Blatt Gengenbach, wie südöstlich in der Gegend von Schiltach und Schramberg geht sie bis 550 m herunter. Also zeigt die Fläche über den Ablagerungsmulden des Rotliegenden noch eine schwache Einbiegung, die wir wohl als permisch betrachten dürfen.

Ein zweiter Rücken erstreckt sich von der Hornisgrinde und Badener Höhe nach NO quer über das mittlere Murgtal hinweg. Er trennt das Rotliegende des Oos-, unteren Murg-, Alb-, Eyach- und Enztales, also des nördlichsten Eck'schen Bezirkes, von dem des oberen Murgtales, das der zweiten Eck'schen Zone angehört. Auch hier transgrediert nicht bloß der Buntsandstein, sondern auch das Oberrotliegende vielfach im NW sowohl wie im SO auf Grundgebirge, so z. B. zwischen Gernsbach und Herrenalb auf Granit. In der Badener Gegend findet nach Eck auch innerhalb der einzelnen Stufen des Oberrotliegenden mit wachsender Annäherung an das Grundgebirge ein fortwährendes Übergreifen der jüngeren über die älteren und gleichzeitig Auskeilen und Mächtigkeitsabnahme statt.[1]) Während westlich des Sulzbachtales (eines nördlichen Seitentales der Murg) in größerer Entfernung von dem Grundgebirgsrücken noch zwei Schiefertonhorizonte eingeschaltet sind, sind nach Eck[2]) östlich vom Sulzbachtale bis zum Lauterbach- und Lizelbachtal und in der Gegend von Herrenalb die unteren Schiefertone nicht mehr vorhanden und die oberen nehmen an Mächtigkeit ab. In dem unmittelbar an das Granitmassiv anstoßenden Gebiete östlich des Lauters- und Lizelbaches sind auch die oberen Schiefertone nicht mehr entwickelt. Nur noch Arkosen der höchsten Schichten des Oberrotliegenden sind

[1]) Siehe auf S. 243, Zus. 2.

[2]) Eck, Hauptverz. 1892, S. 365ff.

vorhanden. Diese greifen immer weiter an den Gehängen des Granitmassives hinauf und keilen schließlich ganz aus. Auch weiter im O im Eyach- und Enztale sind am Nordgehänge des Granitmassives nur die allerobersten Schichten des Rotliegenden vorhanden, und vielfach fehlt es gänzlich.[1]) Auch beim Oberrotliegenden zwischen Murg und Oos sind nach Eck näher am Grundgebirge die Einschaltungen von Schiefertonen nicht mehr vorhanden. In dem „südöstlich am Grundgebirge gelegenen Gebiete"[2]), also wohl auf der Strecke Gernsbach—Yberg, sind Ablagerungen des oberen Rotliegenden, wenn überhaupt, nur in sehr geringer Mächtigkeit vorhanden. Hier ist also wohl das Übergreifen des Oberrotliegenden über Karbon und unteres Rotliegendes auf Grundgebirge nicht mehr festzustellen.

In der Gegend von Baden lagert nach Eck das untere Rotliegende dem Kohlengebirge gleichförmig auf, ebenso das obere Rotliegende dem mittleren.[3]) Aus dem Vorausgegangenen ergibt sich, daß wir auch den Grundgebirgsrücken südlich Baden, Gernsbach und Herrenalb als ursprüngliche horizontale Ablagerungsgrenze für das Rotliegende betrachten müssen. Schon Eck stellte fest, daß „jene Zone, in welcher auf dem Granitmassive sogleich Buntsandstein aufruht", einen Rücken darstellt, der in paläozoischer Zeit verschiedene Ablagerungsgebiete der Sedimente trennte.[4])

Es sei auch auf das Übergreifen des Oberrotliegenden bei der Stadt Baden-Baden auf Granit und bei Gaggenau auf kristalline Schiefer verwiesen (siehe geologische Karte der Badener Gegend von Eck). Ob dies durch Anlagerung der Sedimente an Grundgebirgsrücken, die schon im Karbon und unteren Rotliegenden aufragten, bewirkt wurde, oder ob Gebirgsbewegungen und Abtragungen im Perm im Spiele waren, ist zu erwägen. Vom ältesten der drei Konglomerathorizonte des Oberrotliegenden am Amalienberge bemerkt Eck: „Die Bruchstücke von Gneis, von Schiefern und körnigem Kalkstein des Übergangsgebirges beweisen, daß kristalline Schiefer und Übergangsgebirge zur Zeit des Absatzes der unteren Konglomerate noch in unbedeckten Kuppen oder

---

[1]) Eck, a. a. O., S. 374.
[2]) Eck, a. a. O., S. 439.
[3]) Eck, Hauptverz. 1887, S. 330.
[4]) Hauptverz. 1892, S. 37.

Rücken aufragten, also von älteren Absätzen mantelförmig umlagert worden sein dürften.[1]) Die Oberfläche des Granites fällt südlich Baden, Gernsbach und Herrenalb rasch in nordwestlicher Richtung von etwa 700 m bis unter 200 m über NN und scheint auch ziemlich uneben zu sein. Da aber in derselben Richtung die obere Grenze des Rotliegenden ebenfalls sich neigt und auch die Schichten des Rotliegenden zuweilen stark einfallen, da ferner die Grenzflächen der verschiedenen Stufen ebenfalls Unebenheiten aufweisen[2]), so ist schwer anzugeben, wieviel von dem heutigen nordwestlichen Gefälle und den jetzigen Unebenheiten der Grundgebirgsoberfläche primär ist, d. h. schon vor der Ablagerung des Karbons und Rotliegenden vorhanden war. Die starke Neigung, die das Rotliegende am Nordgehänge des nördlichen Granitmassives zeigt, wird von Eck als lokale Wirkung des seitlichen Druckes aufgefaßt, welcher von dem kompakten Granitmassiv nach beiden Seiten auf die benachbarten Gesteine ausgeübt wurde (bei jüngeren tektonischen Bewegungen? Der Verf.).[3]) Da das Grundgebirge südöstlich Baden usw. die horizontale Ablagerungsgrenze für das Rotliegende gebildet und daher wohl zur Entstehungszeit des Rotliegenden als Rücken aufgeragt haben muß, so müssen wir annehmen, daß am Nordwestrande dieses Rückens sich die Grundgebirgsoberfläche auch damals schon im allgemeinen nach NW gesenkt hat.

Nach Eck erhebt sich die ehemalige Oberfläche des Granites, die Auflagerungsfläche des Deckgebirges, in NW—SO-Richtung bis zu einer von NO nach SW ansteigenden Kammlinie, die von Liebenzell zur Hornisgrinde verläuft. Weiter nach SO hin fällt sie wieder, „wobei jedoch die Kammlinie wie die ehemalige Oberfläche des Massives nicht gleichmäßig ansteigend und sich senkend, sondern als mehrfache Aufragungen und dazwischen gelegene Vertiefungen zeigend angenommen werden müssen (von mir gesperrt: Verf.). In einer mehr oder weniger breiten Zone längs seiner Kammlinie wird dasselbe meist von unterem Buntsandstein überlagert, nur an der Hornisgrinde und bei Liebenzell sogleich von mittlerem. Hier ragten Granitpartien

[1]) Eck, Hauptverz. 1892, S. 380.
[2]) Eck, Hauptverz. 1892, Text und Karte.
[3]) Eck, Hauptverz. 1887, S. 353.

als Untiefen im Meere des unteren Buntsandsteins auf und wurden von seinen Niederschlägen nicht bedeckt."[1])

Im südöstlichen Schwarzwald, bei Hornberg, Triberg, Furtwangen, Villingen, Neustadt, Donaueschingen, Bonndorf, bedeckt c_1 oder c_2 unmittelbar den Granit oder Gneis, und die Auflagerungsfläche des Buntsandsteins hat eine größere Meereshöhe als im N. Es besteht wohl eine große Wahrscheinlichkeit, daß diese Gegenden im allgemeinen schon im Rotliegenden eine höhere Lage gehabt haben und daß sie nicht vom Rotliegenden bedeckt waren, aber es läßt sich, wie ich glaube, nicht mit Sicherheit behaupten, weil durch Abtragung vor der Bildung der Trias ursprünglich vorhandene Schichten wieder entfernt worden sein können. Dagegen läßt es sich nach den Angaben von WILSER vom Grundgebirge östlich des Wehratales und nördlich des Wiesentales mit ziemlicher Sicherheit erkennen. „In der südwestlichen Schwarzwalddecke" transgrediert nach WILSER, „wie vielfach in Baden und im Elsaß", das Oberrotliegende auf dem Kristallinen. Das Rotliegende trägt Anzeichen von „Festlandsnähe". WILSER vermutet im N ungefähr in der Richtung und Lage der heutigen Hauptverwerfung Kandern—Raitbach eine Küste. Unter anderem zeigt hier der untere Teil des Rotliegenden im Vergleich zu Rheinfelden „eine außerordentlich grobe und mächtige Entfaltung". Gegen S „bildet sich allmählich ein fast rein tonig-mergeliger Charakter" heraus. Auch im O des Wehratales haben wir nach WILSER Festland anzunehmen. „Entfernen wir uns aus der Küstenzone von N nach S, so läßt sich systematisch verfolgen, wie die ganzen roten Sedimente nach S zusehends feinkörniger, toniger, mehr bankig werden. . . . Dasselbe gilt, wenn wir von O nach W gehen, vom Wehratal gegen den Reintalabbruch." Diese Küste soll nicht bloß im Perm, sondern bis tief in die Buntsandsteinzeit hinein bestanden haben.[2]) Wir lassen es vorderhand dahingestellt ob hier im Rotliegenden wirklich ein Meeresstrand vorhanden war, und begnügen uns mit dem Hinweise, daß die von WILSER angegebene Linie wohl für das ganze Rotliegende eine horizontale Ablagerungsgrenze gebildet haben soll, daß also nördlich und östlich davon eine Aufragung des Grundgebirges vorhanden war. Der Verlauf dieser Grenze scheint im Gegensatz zu den Rändern

[1]) ECK, Hauptverz. 1892, S. 36.

[2]) WILSER, Nachtragsverz. 1913, S. 7, 10, 12, 15—16 des Sonderabdruckes. Siehe auch S. 243, Zus. 3.

der Rotliegendbecken des mittleren und nördlichen Schwarzwaldes vom allgemeinen variskischen Streichen unabhängig gewesen zu sein.

Früher wurde die Frage erörtert, ob im Odenwalde nach der Bildung des Zechsteindolomits eine Abtragung im größeren Umfange stattgefunden habe. Wenn dies der Fall wäre, so würde auch hier die Auflagerungsfläche des Buntsandsteins eine ähnliche Abtragungsfläche darstellen wie bei Schramberg, nur mit dem Unterschiede, daß die Abtragung das Perm nicht überall vollständig abräumte wie südwestlich Schramberg. Die Fläche wäre, wie die Verhältnisse bei Neustadt im Odenwald zeigen, nicht weniger uneben als die Rotliegend-Abtragungsfläche. Hier könnte sie auch durchgehend tiefere Lage gehabt haben als diese, da Rotliegendes und Zechstein nicht bekannt sind.

Da, wo aber das Oberrotliegende bei Schramberg der Abtragung entgangen ist, herrscht ein lückenloser Übergang von diesem zum unteren Buntsandstein. Eine Zwischenlage von marinem Zechsteindolomit fehlt. Scheinbar hat also hier die Sedimentbildung in der Zeit des Zechsteins eine Unterbrechung erfahren, ohne jedoch eine Diskordanz der Schichten zu hinterlassen. Zur Erklärung nimmt MEYER an, daß das sogenannte „Oberrotliegende" zum Teil eine terrestrische Fazies des Zechsteins darstelle.[1]) Dann wären die Karneoldolomite an der Basis des Buntsandsteins bei Schramberg jedenfalls jünger als die im „Oberrotliegenden" von Heidelberg. BRÄUHÄUSER ist dagegen eher geneigt, für die Karneoldolomite der Schramberger Gegend die gleiche Entstehungszeit wie für diejenigen der Heidelberger Gegend, also wohl noch das Rotliegende, anzunehmen und einen Teil des „unteren Buntsandsteins" von Schramberg als Zechstein zu deuten, „vielleicht gar die gesamten als „su" bezeichneten Bildungen" in das Paläozoikum zu ziehen.[2]) WILSER schließt sich der Auffassung von MEYER insofern an, als er den obersten Teil des „Rotliegenden" für äquivalent mit dem Zechstein des Nordens hält. „Während dort die karbonat- und weiter nördlich die salzreichen Sedimente ausgeschieden wurden, müssen im Süden die Bedingungen der rotliegenden Sedimentation unverändert angehalten haben." Eine Abtrennung der Zechsteinäquivalente vom eigentlichen Rotliegenden ist unmöglich; es gibt keine scharfe Grenze

[1]) H. L. F. MEYER, 1911, S. 47.

[2]) BRÄUHÄUSER, Hauptverz. 1909, S. 22 u. 23.

nach unten, wohl aber nach oben. Die Karneoldolomite, die nach WILSERS Untersuchungen in der Südwestecke des Schwarzwaldes einen durchgehenden Horizont bilden, gehören nach ihm im Schwarzwalde zum Hangenden, zum Buntsandstein. Sie bezeichnen den Beginn der Trias, sind also „nicht als Vertretung des Zechsteins anzusehen“.[1])

Die Perm-Triasgrenze im Schwarzwald war schon vor längerer Zeit Gegenstand einer Kontroverse. Die Ansicht, daß das Rotliegende der Vogesen und damit auch des Schwarzwaldes jünger sei als dasjenige in Norddeutschland, wurde schon früher von LEPSIUS ausgesprochen. ECK bekämpft diese Meinung mit dem Hinweis auf eine von SANDBERGER aus den höheren Schichten des Oberrotliegenden von Baden-Baden beschriebene Flora. Nach ECK kann die Grenze zwischen Rotliegendem und Buntsandstein „nur zwischen diejenigen Konglomerate, welche die erwähnten Schichten mit der Flora des Rotliegenden einschließen, und die Sandsteine mit Equisetum Mougeoti, welche von dem Verfasser (i. e. ECK) als unterer Buntsandstein bezeichnet werden, gelegt werden“.[2])

Der Einbruch des Schramberger „Rotliegenden“ und die Abtragung der südwestlichen Fortsetzung des permischen Tales, sowie auch der nordwestlichen Talwand sind vor dem Absatz des Karneoldolomites erfolgt, da dieser über die Verwerfung hinweg auf Granit übergreift. Auch auf der Nordostseite der Schiltacher Verwerfung muß das Unter- und Mittelrotliegende vor der Transgression des „Dolomites“ abgetragen worden sein. Je nach dem Bildungsalter des Karneoldolomites würde also die Abtragung in die Zeit des Rotliegenden oder des Zechsteins oder an das Ende des Zechsteins fallen. In jedem Falle sollte man erwarten, daß diese Abtragung in dem Gebiete östlich der Schramberger Verwerfung eine wahrnehmbare Schichtflächendiskordanz bewirkt hätte.[3]) Es ist mir aber nicht bekannt, daß eine solche beobachtet worden ist.

Da, wo das Grundgebirge bloßliegt, schneiden die Kämme in auffallend gleichem Niveau ab. Die gemeinsame Berührungsfläche der Grundgebirgskämme fällt mit der Auflagerungs-

[1]) F. WILSER, a. a. O., S. 13 u. 14 des Sonderabdruckes.

[2]) ECK, Hauptverz. 1884, S. 75.

[3]) Vorausgesetzt, daß die Abtragung nicht nur westlich der Verwerfung gewirkt hat, siehe Schema bei BRÄUHÄUSER, Hauptverz. 1910, S. 30.

fläche des Buntsandsteins zusammen. Daher wird sie als ehemalige Auflagerungsfläche des Buntsandsteins gedeutet; so von SAUER für die Blätter Triberg, Gengenbach, Oberwolfach—Schenkenzell und Hornberg—Schiltach, von THÜRACH für Oberwolfach—Schenkenzell und Zell am Harmersbach, von SCHNARRENBERGER für Blatt Elzach. Es liegt hier also eine analoge Rekonstruktion der Abrasionsfläche vor, wie sie JÄGER und HAUCK für den Odenwald versuchten.[1])

Mit der Betonung der Ebenheit der spätpermischen „Abrasionsfläche" geht die Betonung der Unebenheit der Auflagerungsfläche des Rotliegenden Hand in Hand. Diese steht fest, und ihre Ursprünglichkeit wird durch die Diskordanz mit der Auflagerungsfläche des Buntsandsteins außer Zweifel gestellt.

Zur Gewinnung weiterer quantitativer Angaben über die Neigungsverhältnisse wollen wir die permische Abtragungsfläche auf einigen geologischen Spezialkarten noch etwas genauer verfolgen. Auf Blatt Gegenbach fällt die untere Grenze von ru am Mooskopf auf der NW-Seite in Richtung SW—NO von 600 erst auf 500 m und bleibt dann in derselben Richtung auf 500 m, ohne weiter zu fallen. Parallel dazu etwas weiter nördlich bleibt sie zuerst längere Zeit auf 560 m stehen und geht dann auch herunter auf 500 m (von Heidenbühl nach Sandbühl); nördlich am Schärtenkopf liegt die untere Grenze von ru bei 560—580 m, also ist die Auflagerungsfläche keine Ebene. Die Grundgebirgsunterlage von ro ist auf der Ost- und Südseite vom Moos schwach uneben (zwischen 500 und 580 m); besonders tiefe Lage hat sie bei Fabrik Nordrach. Die Auflagerungsfläche des Buntsandsteins (teils von su, teils von c_1) ist auch nicht ganz eben. Sie scheint insbesondere auf der Strecke Nordrach—Ibach eine Mulde zu bilden.[2]) Am stärksten fällt die untere Grenze von ru im NO des Mooswaldes von Kuhbach nach Bahnhof Oppenau: von 500 m auf 400 m und dann sogar auf 270 m. Sie fällt nach O auf etwa 800 m um 130 m = 9°, nach NNO auf etwa 950 m um 130 m

[1]) Über die Wiederaufdeckung der alten Rumpffläche im nördlichen Schwarzwald (früh- oder spätpermische?) siehe SCHMITTHENNER, Nachtrag 1913, S. 37 ff., insbesondere die Rekonstruktion der Fläche (S. 40) und die Karte der Auflagerungsfläche des Buntsandsteins (S. 45).

[2]) Nach SCHMITTHENNER überdeckt der Mooswald ein altes Tal, siehe Nachtrag 1913, S. 44 und die Karte auf S. 45.

= etwa 8°. Auf der rechten Seite des Renchtales steigt die Grenze wieder in die Höhe bis etwa 500 m; dazwischen liegt also eine tiefe Einsenkung. Nach SAUER beruht aber dieses tiefe Herabgehen des Unterrotliegenden im Renchtale bei Oppenau am Boxberge bis nahe an die Talsohle sicherlich auf einer Verwerfung, wie auch beim Hugenhof die Grenze der roten Letten gegen den Gneis.[1]) In der NW-Ecke des Blattes Gengenbach bei St. Anton zeigt die Grundgebirgsgrenze von ro in fast einer Richtung (SW) auf eine Strecke von 800 m nacheinander folgende Schwankungen in der Höhenlage: 300 m, 270 m, 300 m, 230 m. Von N nach S fällt sie hier auf 250 m um etwa 80 m = 17½°. Am Brandeckkopf fällt die Unterlage von ru von S nach N von 600 m erst auf 500 m, dann auf 410 m. (Gefälle zuerst 100 m auf etwa 400 m = 14°.) Auch in nordwestlicher Richtung zeigt sie starkes Gefälle (siehe Profil III des Blattes Gengenbach). Ganz im Westen fällt sie in NO-Richtung noch stärker als in der vorhin angegebenen NS-Richtung; auf der N-Seite vom Brandeckkopf aber fällt sie parallel dazu, ebenfalls in NO-Richtung, auf eine große Strecke sehr wenig. Auch von O nach W fällt sie, und zwar auch nördlich der Verwerfung. Sie scheint also keine ebene Fläche zu sein. Profil II von Blatt Gengenbach zeigt, daß im Durbachtale die Grundgebirgsoberfläche eine bedeutende Einsenkung bildet. Besonders interessant verläuft die Grenze beim Hornbühl auf der nördlichen Talseite in der Richtung nach SSW: In einer Richtung (SSW) fällt die Fläche erst von 360 m auf 300 m, steigt dann wieder auf 370 m, fällt schließlich auf 260 m (das Ganze auf eine Strecke von etwa 1¼ km horizontal). Die Oberfläche der Brandecker Porphyrdecke macht nach der geologischen Karte am Brandeckkopf und im Durbacher Tal die Unebenheiten der Grundgebirgsoberfläche zum großen Teil ebenfalls mit (siehe auch Profil II von Blatt Gengenbach). Ob die Buntsandsteinschichten dies auch noch getan haben, ist nicht mehr festzustellen, da der Buntsandstein abgetragen ist. ECK bemerkt, daß das untere Rotliegende „oberhalb Durbach muldenförmig zusammengebogen" sei; er scheint also nachträgliche Verbiegung anzunehmen.[2]) Nach SAUER waren aber die beiden Rotliegendareale von Brandeck—Durbach und vom Mooswalde schon

[1]) SAUER, Hauptverz. 1894, S. 65.

[2]) Hauptverz. 1887, S. 353.

ursprünglich als flache Mulden begrenzt und durch einen Rücken getrennt.[1]) Nach dem Vorausgehenden zeigt sich auf Blatt Gengenbach die untere Grenze des Rotliegenden sehr uneben. Diese Unebenheit ist nach der Auffassung von SAUER zum großen Teile die Folge späterer Gebirgsstörungen. Zahlreiche Verwerfungen sind beobachtet. Aber „die Zahl der tatsächlich vorhandenen Verwerfungen ist sicherlich weit größer" als die der beobachten.[2]) Doch dürfen wir sicher auch viele Unebenheiten als primär ansprechen, und zwar solche, die von der oberen Grenze des Rotliegenden nicht oder mit schwächerer Krümmung wiederholt werden. Durch Nivellierung seiner unebenen Unterlage bekommt das Rotliegende seine schwankende Mächtigkeit. Diese wird für das Oberrotliegende auf Blatt Gengenbach von SAUER besonders hervorgehoben: „Die Gesamtmächtigkeit des Oberrotliegenden kann im Kartengebiet im höchsten Betrage auf 50—60 m veranschlagt werden, ist aber der Natur der Ablagerung entsprechend sehr großen Schwankungen unterworfen".[3])

In der SW-Ecke von Blatt Peterstal—Reichenbach fällt die Grundgebirgsgrenze von rm und ru südwestlich von St. Ursula auf 500 m um 90 = $10^1/_2{}^0$ und verharrt dann in der tieferen Lage auch noch in der SO-Ecke des westlichen Nachbarblattes Gengenbach im obersten Harmersbachtale, am Langhärdle. Hier geht eine isolierte Parzelle von ru sogar auf 440 m herunter. Nordwestlich von St. Ursula fällt die Gneisunterlage von ro rechtwinklig zu voriger Richtung auf 450 m um 50 m = $6^1/_3{}^0$. Die Auflagerungsfläche des Buntsandsteins zeigt nördlich bzw. südlich davon in der gleichen Richtung kein merkliches Gefälle. Sie hält sich etwa im Niveau von 600 m. Weiter westlich geht sie allerdings auch auf 500 m herab. In der NW-Ecke liegt die Auflagerung von ru auf der Westseite des Hauskopfes in fast unveränderter Richtung (in SN-Richtung) bei folgenden Höhen: Erst auf etwa 550 m horizontal bei 500 m über NN; dann fällt sie auf 125 m horizontal bis 460 m, nach etwa 350 m noch weiter bis 430 m; nach etwa 300 m steigt sie wieder auf 500 m an; in wenig nach O abweichender Richtung

[1]) Hauptverz. 1894, S. 43.
[2]) SAUER, Hauptverz. 1894, S. 64.
[3]) SAUER, Hauptverz. 1894, S. 56.

fällt sie nach etwa 125 m wieder auf etwa 460 m, obschon sie in derselben Richtung weiter südlich keine Höhenschwankungen zeigt. Im letzteren Stück beträgt das Gefälle in etwa NNO-Richtung auf 125 m horizontal 40 m = etwa 18°. Nördlich von Maisach zeigt auf der Westseite des Hornkopfes die Grundgebirgsgrenze von ro in NNO-Richtung (also annähernd gleicher Richtung) erst auf etwa 400 m schwaches Einfallen von 700 m auf 680 m; dann fällt sie plötzlich auf 75 m horizontal um 40 m (28°), dann hält sie sich auf eine Strecke von 800 m auf der gleichen Höhe, bei 640 m, bis zur Verwerfung. Die untere Grenze von su fällt parallel dazu auf der ganzen Strecke nur um etwa 20 m. Senkrecht dazu in etwa WO-Richtung fällt die Auflagerungsfläche des Rotliegenden parallel der Verwerfung erst um 30 m auf etwa 600 m horizontal (3°), steigt dann um 170 m auf etwa 1300 m horizontal (7½°), steigt weiter um 40 m auf etwa 500 m horizontal (etwa 4½°), dann wieder sehr langsam um 20 m auf etwa 400 m horizontal (3°). Etwas weiter östlich auf der Westseite des Roßbühls hält sich die Auflagerungsfläche von ro fast immer auf gleicher Höhe. Die Grundfläche des Buntsandsteins ist im allgemeinen im Gebiete des Blattes Peterstal—Reichenbach ausgezeichnet eben.

Auf Blatt Zell am Harmersbach befindet sich bei Ober-Harmersbach auf der SO-Seite vom Täschenkopf eine isolierte Partie ru in sehr tiefer Lage. Die Auflagerungsfläche liegt am Engelloch 125—150 m, am Hermersberg etwa 100 m tiefer als die Auflagerung des Buntsandsteins auf kristallinem Gebirge an der SO-Seite des Täschenkopfes. Das primäre Gefälle der Grundgebirgsoberfläche beträgt von N nach S mindestens 140 m auf etwa 600 m = 13°. Die Erläuterungen stellen nur die tiefe Lage fest, erwähnen aber nichts von einer möglichen Verwerfung.[1]) Vielleicht stand diese Einsenkung ursprünglich mit der nordöstlich gelegenen vom Langhärdle auf Blatt Gengenbach in Verbindung. Die SW-Seite des Täschenkopfes trägt eine schwache ro-Decke, deren Auflagerungsfläche auf Grundgebirge sich in ziemlich gleichbleibendem Niveau in geringer Tiefe unter der Auflagerungsfläche des Buntsandsteins hält. Das Oberrotliegende setzt sich hier nach THÜRACH aus Lettenschiefern und tonigen, dünnschichtigen Sandsteinen von 4—5 m Mächtigkeit und darunter lagernden ½—2 m

---

[1]) THÜRACH, Hauptverz. 1897, S. 36.

mächtigen tonigen Arkosen und Agglomeraten von Granitbröckchen zusammen. „Letztere sind dem Grundgebirge direkt aufgesetzt, und zwar mit fast ebener, horizontal liegender Begrenzungsfläche. Dieselbe stellt die Abrasionsfläche (vgl. S. 7) dar, deren Bildung somit am Täschenkopf in die Zeit des obersten Rotliegenden fällt, aber dem Buntsandstein doch sehr nahe liegt.“[1])

Auf Blatt Oberwolfach—Schenkenzell wurde das Vorhandensein einer von ro erfüllten Depression der Grundgebirgsoberfläche bei Schapbach von SAUER festgestellt (siehe oben S. 18). „Der Höhenunterschied der Auflagerung von 200 m am rechten und linken Wolfgehänge ist jedoch nicht allein in den ursprünglichen Niveauverhältnissen begründet. Es muß sich vielmehr mit diesen eine nachträgliche Niederziehung, eine Verwerfung kombinieren, wenn man berücksichtigt, daß auch die Oberfläche des Rotliegenden auf dieser Seite tiefer, und zwar etwa 80 m tiefer liegt. Diese 80 m kämen auf eine Verwerfung, und die ursprüngliche Depression, welche das Oberrotliegende ausfüllt, würde demnach etwa nur 120 m messen.“[2]) Südöstlich Schapbach fällt die Granitunterlage von ro von O nach W um 100 m auf etwa 800 m = etwa 7°; dabei könnte aber eine Verwerfung im Spiele sein. In direkt entgegengesetzter Richtung fällt sie zum kalten Brunnental von 610 m auf 530 m auf etwa 2400 m horizontal = etwa 2°. In derselben Richtung fällt die obere Grenze von ro allerdings ungefähr ebenso stark. Am steilsten scheint der Abfall nach NW zu sein auf der Westseite des Thorkopfes, auf 275 m horizontal um 80 m = 16½°. Dabei findet stetiges, durch keine Erosionslücke unterbrochenes Fallen statt. Auch scheint hier keine Verwerfung in Betracht zu kommen. Falls hier die steilste Böschung der Wand des permischen Tales vorliegt, müßte man hier als Talrichtung SW—NO annehmen. Normal zu dem nordwestlichen Abfall, also nach SW (etwa Sulzerköpfle—Spitzkopf) schwankt die Auflagerung von ro auf Grundgebirge auf eine Strecke von etwa 2½ km horizontal zwischen folgenden Höhen: 610, 640, 600, 610, 650 m. Der Ausstrich der oberen Grenze von ro östlich und westlich dieser Vertikalebene steigt zunächst von 620 m auf 660 m und bleibt dann zwischen 650 m und 670 m stehen, zeigt also geringere Schwankungen in

[1]) THÜRACH, Hauptverz. 1897, S. 36.
[2]) SAUER, Hauptverz. 1895, S. 51.

der Höhenlage. Die Auflagerungsfläche der schwachen ro-Decke im Kaltbrunnental auf Grundgebirge zeigt geringe Unebenheiten. Etwas weiter westlich vom Spitzkopf über Eichberg—St. Anton—Schenkenzell bewegt sich auf eine Strecke von 8 km horizontal die Grundfläche von ro in den Höhenlagen: 650, 670, 650, 665, 670, 600, 550 m. Die obere Grenze des Perms liegt in derselben Vertikalebene bei: 660, 670, 660, 610, 560 m. Es ist dieselbe Richtung, in der weiter nördlich die starken Unebenheiten liegen. Die Auflagerungsfläche des Buntsandsteins neigt sich auf Blatt Oberwolfach—Schenkenzell im allgemeinen nach O. Sie zeigt einige Unebenheiten, ist aber doch ebener als die Auflagerungsfläche des Rotliegenden. Im SO des Blattgebietes treffen wir meist eine gleichmäßig dünne Decke von ro. Zwar ist deren Unterlage auf weite Flächen ebenso eben wie die untere Grenze des Buntsandsteins oder, wo sie uneben ist, nicht unebener als diese; aber gelegentlich, so am Gehänge des Wolfachtales, schwillt, wie wir schon hörten, das Oberrotliegende zu großer Mächtigkeit an und gleichzeitig senkt sich auch seine Auflagerungsfläche.

Auf Blatt Haslach zeigt sich die Grundgebirgsgrenze der größeren Rotliegendpartie mehr in der Mitte des Blattes (meist von ru, aber auch von ro) in unregelmäßigem Schwanken zwischen 510 m und 550 m schwach uneben. „Die Lagerung des Rotliegenden und des Buntsandsteins ist in der Gruppe Biereck—Rotebühl eine deutlich flach-muldenförmige, und zwar scheint schon im Rotliegenden eine Einmuldung stattgefunden zu haben, während die des Buntsandsteins . . . wahrscheinlich aus der Tertiärzeit stammt."[1] „Die westliche Begrenzung des Rotliegenden an der Biereck an dem aufragenden Grundgebirge der Hochmunde ist wahrscheinlich nicht ausschließlich auf eine Küstenbildung zur Zeit der Entstehung des Rotliegenden, sondern zum Teil auf eine spätere, in nordsüdlicher Richtung erfolgte Lagerungsstörung zurückzuführen."[2] Die Grundgebirgsunterlage von rm am Westrande des Blattes zeigt Unregelmäßigkeiten, die aber im allgemeinen unbedeutend sind. Nur auf der Ostseite des Harmensbachtales findet auf kurze Strecke von O nach W ein überraschend starkes Fallen statt (50 m auf 200 m = etwa 14°). Die untere Grenze der Porphyrdecke macht die

---

[1]) THÜRACH, Hauptverz. 1901, S. 31.
[2]) THÜRACH, ebenda, S. 31.

Unebenheiten zum Teil mit; aber an dem Teil der Decke am Höhplatz läßt sich doch erkennen, daß dies in geringerem Grade geschieht.

Bei Schramberg wird die Granitgrenze von ru am Hammerwerk von BRÄUHÄUSER als ursprüngliche Anlagerung aufgefaßt. „Ob das Abschneiden des Rotliegenden auf einer Verwerfung erfolgt, ist am Eingange des Schiltachtales im Granitgebiet des Lehengerichtes sehr zweifelhaft. Wie schon A. SAUER hervorhob, sieht man ja am Hammerwerk das ru dem schräg einfallenden Granit aufliegen, nicht neben ihm abschneiden! Eher geht die Verwerfung, als Schuttzone gekennzeichnet, vom Höfle direkt nordwärts über Schilteck weiter. . . ."[1] Untere und obere Grenze von ru fallen stark nach SW ein. Erstere fällt auf etwa 500 m horizontal um 160 m = 18°. So steil wäre also hier die Böschung der Wand des von BRÄUHÄUSER beschriebenen Rotliegendtales. BRÄUHÄUSER spricht von einem „fjordartigen Tal der Rotliegendzeit".[2] Es ist aber wahrscheinlich, daß nachträglich das Schichtensystem der ganzen nördlichen Talseite in schräge Stellung gedrückt wurde.[3] Dadurch kann die Talwand eine steilere Stellung erhalten haben. Abseits des Tales weist die Grundgebirgsgrenze der meist dünnen Rotliegenddecke keine so bedeutenden Unebenheiten mehr auf.[4] Südöstlich Schiltach erklärt sich das auffallende Fehlen von ru und rm auf der Nordseite der Verwerfung daraus, daß schon vor der Bildung des Oberrotliegenden eine permische Spalte vorhanden war, über die das Oberrotliegende transgredierte. Diese Spalte riß dann später von neuem auf.[5]

In der SO-Ecke von Blatt Elzach neigt sich die Auflagerungsfläche von rm auf Granit auf 250 m um 40 m = etwa 9° nach SW. Auf Blatt Triberg steigt nördlich Triberg bei Oberhippensbach die Granitunterlage von ru in fast konstanter Richtung von NW nach SO, also parallel der Verwerfung, folgendermaßen auf und ab: 610, 650, 610, 700 m. Falls hier etwa eine Nebenspalte zu der Hauptverwerfung die Grenze des Rotliegenden gegen den Granit

[1]) BRÄUHÄUSER, Hauptverz. 1909, S. 67.

[2]) Hauptverz. 1909, S. 28.

[3]) BRÄUHÄUSER, ebenda.

[4]) Siehe jedoch BRÄUHÄUSER, Hauptverz. 1910, S. 11 u. 12.

[5]) Siehe BRÄUHÄUSER, Über dyadische Verwerfungen bei Schramberg, Hauptverz, 1909, S. 66.

bestimmen sollte, also nicht die ursprüngliche Auflagerungsfläche auf Granit vorliegen würde, hätten diese Schwankungen für uns natürlich kein Interesse.[1]) Bei Langenschiltach liegt eine Rotliegendpartie tief unter dem Niveau der Buntsandsteinauflagerungsfläche auf Grundgebirge. Die permische Grundgebirgsoberfläche zeigt ein Mindestgefälle von 40 m auf 275 m = etwa 8°. Am Windkapf liegt die Grundfläche von ro im sonstigen Niveau der Auflagerung des Buntsandsteins auf Grundgebirge, während sie im allgemeinen durchweg tiefer liegt, so am Krähenkapf. Hier ist sie auch schwach uneben.

Das Ergebnis der Untersuchung der permischen Abtragungsfläche und der Lagerungsverhältnisse des Perms im Schwarzwald sei in wenigen Sätzen zusammengefaßt. Der permische Abtragungsschutt bedeckte niemals zusammenhängend das ganze variskische Gebirge, sondern sammelte sich nur in einzelnen muldenförmigen, meist ungefähr dem variskischen Streichen folgenden Ablagerungsbecken. Diese „Ablagerungsmulden“ waren außerordentlich flach. Innerhalb dieser Muldenbecken sind mehrere talartige Senken nachgewiesen worden, in denen sich große Massen von Rotliegendschutt, und zwar sowohl von älterem und jüngerem Rotliegenden zusammen als auch von jüngerem Rotliegenden allein anhäuften. Das permische Alter dieser Täler ist hier viel sicherer zu erkennen als im Odenwalde. Überhaupt weist wie im Odenwald und Spessart auch im Schwarzwald die permische Abtragungsfläche beträchtliche Unebenheiten auf, wenn es auch von manchen Unebenheiten schwierig oder unmöglich scheint, das permische Alter sicher nachzuweisen. Es fällt auf, daß die Böschungswinkel häufig größer sind als die aus der Höhenschichtenkarte im Odenwald (Teil I) entnommenen. Es braucht aber deshalb das permische Grundgebirge im Odenwalde nicht flacher gewesen zu sein als im Schwarzwalde. Der Unterschied kann sich daraus erklären, daß im Odenwalde bei der Anlage der Höhenschichtenkarte Neigungen des jüngeren Schichtgebirges auf die Grundgebirgsoberfläche übertragen wurden, wodurch diese abgeflacht erscheint. Für eine genauere orometrische Bestimmung der Fläche im Schwarzwald ist das hier zusammengestellte Material nicht ausreichend.

Das Unterrotliegende fehlt häufig zwischen Grundgebirge und

---

[1]) Vgl. SAUER, Hauptverz. 1899, S. 32

Oberrotliegendem. Letzteres bildet abseits von den Talsenken, in denen es zu bedeutender Mächtigkeit anschwillt (Schramberg, Schapbachtal), auf große Ausdehnung eine dünne Decke mit verhältnismäßig wenig unebener Grundgebirgsunterlage. Diese hält sich etwa im Niveau 550—700 m und erhebt sich darüber nur ausnahmsweise, so auf den Blättern Triberg und Hornberg über 800 m. Sie ist zwar unebener als die Grundfläche des Buntsandsteins, zeigt aber doch Plateaucharakter. Von der Möglichkeit einer stellenweisen Reduzierung einer früheren bedeutenderen Mächtigkeit durch spätere Abtragung war schon die Rede.

Wesentlich ebener als die Rotliegend-Abtragungsfläche ist die sogenannte „Abrasionsfläche". Diese bildet eine scharfe Grenze zwischen Rotliegendem und Buntsandstein. Sie wird von den Geologen als Ebene oder Fastebene geschildert, scheint aber auch noch beträchtliche Unebenheiten aufzuweisen. Hauptsächlich im jüngeren Perm, stellenweise auch noch im unteren und mittleren Buntsandstein teils durch Abtragung, teils durch Auffüllung entstanden, stellt sie im wesentlichen die spätpermische Landoberfläche, bzw. die des frühen Buntsandsteins, dar.

In mehreren anderen Rotliegendgebieten sind tektonische Störungen im Mittelrotliegenden und dadurch hervorgerufene Abtragung der gehobenen älteren Rotliegendbildungen vor Ablagerung des Oberrotliegenden nachweisbar. Nach BRÄUHÄUSER scheinen auch im Schwarzwalde in der Gegend von Schramberg tektonische Störungen während des Mittelrotliegenden stattgefunden zu haben „und vielleicht liegt eine Erosionsperiode auch zwischen dem Mittelrotliegenden unserer Gegend und dem Oberrotliegenden, das im Gegensatz zu den bisher betrachteten Sedimenten lediglich aus grobgehäuftem Schutt fremder Gesteine sich aufbaut. Neuere Beobachtungen auf Blatt Alpirsbach machen vorstehende Annahme wahrscheinlich".[1])

Vogesen.[2])

Hier herrschen dieselben Verhältnisse wie im Schwarzwalde. „Produktive Kohle und Rotliegendes der Vogesen bilden nach

[1]) BRÄUHÄUSER, Hauptverz. 1909, S. 34.

[2]) Die französische Literatur war mir nicht früh genug zugänglich, konnte also vorerst nicht berücksichtigt werden.

Ablagerung und Vorkommen ein zusammengehöriges Ganze. Beide Formationen sind in muldenförmigen Vertiefungen eines älteren Gebirges abgelagert (von mir gesperrt: der Verf.) Die die Tiefe der Mulden erfüllenden ersten Ablagerungen sind voneinander getrennt und tragen einen lokalen Charakter, die jüngeren greifen über die trennenden Rücken allmählich über und zeigen auf größere Erstreckung Gleichartigkeit".[1]) Die bedeutendsten dieser Mulden, die nach dem vorhergehenden primäre Becken, nicht etwa spätere Faltungsmulden darstellen, sind nach LEPSIUS[2]):

a) Am Südrande der Vogesen das Becken südlich vom Belchenstock und nördlich von Belfort. An der Basis liegen die Steinkohlenschichten von Ronchamp. Nach einem Profile von VÉLAIN[3]) transgrediert das Rotliegende über die Steinkohlenschichten, wodurch die Ursprünglichkeit der Mulde angedeutet wird. Mächtigkeit des Rotliegenden 360 m.[2])

b) Die kleine Rotliegendmulde am Südwestrande der Vogesen bei Val d'Ajol. Mächtigkeit des Rotliegenden 80—145 m.[2])

c) Ein umfangreicheres zusammenhängendes Becken bilden am Westrande der Vogesen die Rotliegendschichten in der Umgebung von St. Dié an der oberen Meurthe. Mächtigkeit des Rotliegenden bis 140 m.[2])

d) Damit steht das Oberrotliegende des Breuschtales in Verbindung.

BENECKE und VAN WERVEKE unterscheiden außerdem noch als selbständiges Becken das von Weiler bei Schlettstadt am Ostrande der Vogesen.[3]) Auch nördlich vom Breuschtale treten das Grundgebirge und Rotliegende im Jägertal bei Niederbronn und im Lautertal bei Weißenburg zutage. Aus dem Becken von St. Dié veröffentlicht LEPSIUS zwei Profile nach VÉLAIN (a. a. O., S. 416), auf denen das Grundgebirge eine im großen und ganzen unregelmäßige, zerrissene, stellenweise gesägte Oberfläche zeigt. Vom Rotliegenden der französischen Vogesen überhaupt bemerken BENECKE und VAN WERVEKE: „Da im Val d'Ajol Rotliegendes vom Alter der Trienbacher Schichten (unterstes ru: der Verf.), bei Raon l'Etape Oberrotliegendes, bei Epinal Buntsandstein auf Granit lagert, so müssen auch hier Mulden und Rücken abwechseln" (a. a. O., S. 95).

1) BENECKE und VAN WERVEKE, Hauptverz. 1890, S. 91.

2) Hauptverz. 1892, S. 413 ff.

3) Siehe S. 243, Zus. 4.

Analoge Transgressionen finden sich schon im Unterrotliegenden des Beckens von Weiler: „Auf dem Rücken westlich von Nothalden liegen die Heisensteiner Schichten (2. Stufe des ru vom Weilertal: der Verf.), bald auf Trienbacher Schichten (unterstes ru vom Weilertal: der Verf.), bald auf Granit, der erstere buckelförmig durchragt".[1] Im Weilerbecken greifen auch die jüngsten Schichten des Rotliegenden in derselben Weise über ihre Unterlage über wie die älteren.[2] Die Kohlbächelschichten im Weilertal (= Oberrotliegendes) „greifen weit über alle älteren Bildungen des Rotliegenden und legen sich oft unmittelbar auf älteres Gebirge".[3] Überhaupt transgrediert das Oberrotliegende von allen Stufen am meisten, so liegt es u. a. im Lebertal unmittelbar auf Granit; auch im N im Jägertal ist „oberes dolomitführendes Rotliegendes übergreifend gelagert, ebenso wie an der Hohkönigsburg, am Climont, am Donon und anderen südlicher gelegenen Punkten".[4] Der Buntsandstein transgrediert über das Rotliegende; so z. B. bedeckt nach Benecke und van Werveke an der Straße von Rappoltsweiler nach Markirch Buntsandstein direkt oder mit nur sehr wenig mächtiger Unterlage von Rotliegendem den Granit und Gneis, wodurch die südliche Grenze des Weiler Beckens angezeigt wird. Auch die innerhalb ziemlich weiter Grenzen schwankende Mächtigkeit insbesondere des Oberotliegenden wird von Benecke und van Werveke hervorgehoben, so von dem kleineren, oben nicht besonders genannten Becken westlich von Laach nach dem Gebirgskamme zu (wenige Meter bis 160 m). „In dem tiefeingeschnittenen Lautertal tritt Rotliegendes bei horizontaler oder nahezu horizontaler Lagerung auf der rechten und linken Talseite über Klippen steil einfallender Grauwacken in verschiedener Höhe und in verschiedener Mächtigkeit zutage."[5] Beides, die Transgressionen sowohl als die Mächtigkeitsschwankungen, zeugen für die primäre Unebenheit der Unterlage. Da von den in Betracht kommenden Teilen der Vogesen keine deutschen geologischen Spezialaufnahmen vorliegen, war es mir leider unmöglich, die permische Abtragungsfläche hier im einzelnen genauer zu verfolgen.

---

1) Benecke und van Werveke, a. a. O., S. 64.
2) Benecke und van Werveke, a. a. O., S. 70.
3) Benecke, Bücking usw., Hauptverz. 1900.
4) Benecke und van Werveke, Hauptverz. 1890, S. 70.
5) Benecke und van Werveke, a. a. O., S. 74.

Aus den Nordvogesen lag mir das Blatt Weißenburg vor. Auf diesem Blatte liegt das schon erwähnte Vorkommen von Rotliegendem im Lautertal. Hier bei dem Dorfe Weiler stehen zu beiden Seiten der Lauter Grauwacken und Grauwackenschiefer an. „Die durch Faltung und Aufrichtung schon unebene Oberfläche dieser alten Gesteine erhielt durch die Erosion, vielleicht auch durch weitere tektonische Vorgänge, eine sehr mannigfaltige Gliederung. Es entstanden Rücken und Furchen, die uns dadurch erhalten geblieben sind, daß wiederum Sedimente gebildet wurden, welche ihre Unterlage vor weiterer Zerstörung schützten. Das älteste dieser Sedimente, das Rotliegende, ebnete zunächst die Furchen ein, breitete sich dann über die Rücken aus und schuf so eine neue Unterlage, auf welcher gleichförmig die gesamte Trias, der Lias und vielleicht noch jüngere juranische Bildungen abgelagert wurden".[1] Die Grauwacken sind von einem Konglomerat des Oberrotliegenden bedeckt. „Die größte Mächtigkeit des Rotliegenden auf der rechten Seite der Lauter mag 65 m betragen. Wegen der außerordentlich unebenen Oberfläche der Unterlage ist aber die Mächtigkeit sehr schwankend" (von mir gesperrt: der Verf.).[2]

Auf interessante Beziehungen zu dem Rotliegenden des Schwarzwaldes weisen BENECKE und VAN WERVEKE hin: „Ganz besonders bemerkenswert ist aber, daß eine auffallende Übereinstimmung der Schwarzwaldbezirke (nämlich des Rotliegenden) mit solchen der Vogesen besteht, die denselben ungefähr gegenüber liegen".[3] „Die Übereinstimmung der in beiden Gebirgen ungefähr gegenüberliegenden Bezirke, das Verschwinden einzelner, zuweilen älterer Abteilungen in der Richtung von S nach N deutet auf eine Erstreckung der Muldenausfüllungen von W nach O oder von SW nach NO und eine reihenförmige Anordnung derselben von S nach N".[4]

Den Zusammenhang zwischen Rotliegendbecken des Schwarzwalds und der Vogesen wird man sich so vorzustellen haben, daß solche der Vogesen im Schwarzwald ihre Fortsetzung finden, z. B. das Becken von St. Dié—Breuschtal in dem von Baden—Gernsbach. Diese könnten einer einzigen Grundgebirgs-

[1]) A. ANDREAE usw., Nachtrag 1892, S. 6.
[2]) A. ANDREAE usw., a. a. O., S. 33.
[3]) Hauptverz. 1890, S. 94.
[4]) A. a. O., S. 94.

senke zugehört haben, die im Rotliegenden hier vorhanden war. Die Verbindung der jetzt getrennten Teile hätten wir unter dem Boden der Rheinebene zu suchen. Es wäre nicht uninteressant, solchen Beziehungen genauer nachzuspüren. Überraschend ist der Hinweis bei BENECKE und VAN WERVEKE auf das französische Zentralplateau als weitere Parallele: „Lange bekannt ist, daß die zahlreichen Kohlenbecken des französischen Zentralplateaus eine reihenweise Anordnung und eine Erstreckung ungefähr von SW nach NO zeigen, daß auch hier das Rotliegende vielfach transgredierend gelagert ist".[1]) Ganz andere Verhältnisse zeigt das Rotliegende des pfälzisch-saarbrückischen Gebietes: „Die petrographische Beschaffenheit der verschiedenen Abteilungen wechselt oft ganz erheblich und Tausenden von Metern dort stehen hier nur einige Hundert gegenüber. Das deutet auf sehr verschiedene Verhältnisse während der Ablagerung, insbesondere auf verschiedene Höhenlagen des die Schichten aufnehmenden Untergrundes".[2])

Saar-Nahebecken.

Hier kamen nach der Aufrichtung des variskischen Gebirges im mittleren Karbon Schuttmassen von mehreren 1000 m Mächtigkeit zur Ablagerung. Man wird also ein tiefes Becken voraussetzen müssen, das diese Massen aufnahm. Aber noch vor Beginn der Trias fand eine nochmalige Faltung statt, die auch die neugebildeten Schichten erfaßte und sie zu einem großen „von SW nach NO streichenden Hauptsattel und einer nordwestlich von ihm gelegenen Hauptmulde, deren Nordflügel sich auf das Devon des Hunsrück auflehnt", zusammenschob.[3])

Nach KAYSER scheint es, „als ob das Unterrotliegende und Karbon schon vor der Ablagerung des Oberrotliegenden zu flachen Sätteln und Mulden zusammengeschoben und zum Teil abgetragen und dann erst auf dieser Denudationsfläche das Oberrotliegende abgesetzt worden sei".[4]) Noch vor Ablagerung des Buntsandsteins sank der südliche Teil des „Pfälzer Sattels" an einer Verwerfung etwa 2000 m tief ab. Nach dem Buntsandstein sind noch weitere Senkungen von geringerem Betrage eingetreten.[5])

---

[1]) A. a. O., S. 95.

[2]) BENECKE und VAN WERVEKE, a. a. O., S. 89.

[3]) LASPEYRES, Hauptverz. 1867, S. 809.

[4]) Formationskunde, 1911, S. 273; wohl nach Erläut. z. Blatt Kusel, Hauptverz. 1910, S. 130.

[5]) E. SUESS, Antlitz der Erde, III, 2, 26.

Die ursprünglichen Lagerungsverhältnisse des Karbons und Rotliegenden sind also nicht mehr vorhanden und nicht so leicht wieder zu erkennen. Die Schichten keilen vielfach aus und transgredieren von unten nach oben immer mehr gegen NW, so daß schließlich Oberrotliegendes sich direkt über dem gefalteten Devonkörper ausbreitet.[1]) Schon die oberen Cuseler Schichten transgredieren am Südrande des Hunsrücks über die tieferen Lagen und legen sich direkt auf das Unterdevon[2]); und zwar nach Reis „in sehr verminderter Mächtigkeit der kaum trennbaren Einzelstufen".[3]) Während die Kuseler Schichten bei Lebach gegen 1400 m und bei St. Wendel 940 m mächtig werden, reduziert sich die Mächtigkeit am Südrande des Hunsrücks, „wo nur ein Teil der oberen Schichten, und zwar Sandsteine mit Konglomeraten abgelagert wurden", auf 60 m.[4]) Über die oberen Kuseler Schichten greifen im N die unteren Lebacher, und über diese die oberen Lebacher auf die Devonschichten über. Ja auch die höheren Toneisensteinschichten der unteren Lebacher transgredieren über deren tiefste Sandsteine und Konglomerate ungefähr in eben demselben Maße, wie diese über die Ablagerungsgrenze der oberen Kuseler Schichten.[5]) Am bedeutendsten ist auch hier die Transgression des Oberrotliegenden, das sogar um den Hunsrück westlich und östlich herumgreift.[6])

Dementsprechend sehen wir auf den Blättern Oberstein, Birkenfeld, Buhlenberg und Hermeskeil der preußischen geologischen Spezialkarte die oberen Kuseler Schichten das Unterdevon bedecken; auf Blatt Hermeskeil bedecken die unteren Lebacher, auf Blatt Wadern die oberen Lebacher Schichten das Unterdevon, auf den Blättern Losheim, Freudenburg und Merzig greifen Schichten von noch jüngerem Rotliegenden auf das variskisch gefaltete Gebirge über. Daraus ergibt sich, daß der Südrand des Hunsrücks ungefähr die nördliche Begrenzung des permischen Ablagerungsbeckens gebildet haben muß. In den Konglomeraten der oberen Kuseler und jüngeren Rotliegenden Schichten nördlich Kreuznach finden sich häufig Geschiebe

[1]) C. Regelmann, Hauptverz. 1907, Anm. S. 13.
[2]) Lepsius, Hauptverz. 1892, S. 156; 1883, S. 18 u. 19.
[3]) Reis, Hauptverz. 1903, S. 110.
[4]) Lepsius, Hauptverz. 1892, S. 153.
[5]) Reis und v. Ammon, Hauptverz. 1903, S. 127.
[6]) Lepsius, Hauptverz. 1892, S. 151.

von mitteldevonischen Kalken und Dolomiten, die jetzt nur noch am Südrande des Hunsrücks bei Stromberg und Bingen anstehen. LEPSIUS schließt daraus, daß zur Ablagerungszeit der Kuseler Schichten „das Mitteldevon des Hunsrücks bereits aus dem Meere aufgetaucht war".[1] Die Geschiebe im Oberrotliegenden der Umgebung von Kreuznach bestehen, soweit sie nicht aus pfälzischen Eruptivgesteinen abgeleitet sind, ausschließlich aus den devonischen Gesteinen des Hunsrücks.[2] Auf Blatt Oberstein führen die Waderner Schichten des Oberrotliegenden gut gerundete, bis 0,5 m Durchmesser erreichende Quarzitblöcke, die dem Taunusquarzit (Unterdevon) entstammen.[3] Auf Blatt Nohfelden (oberhalb Oberstein a. d. Nahe) enthalten die oberen Söterner Schichten walnußgroße Brocken von Tonschiefer aus dem benachbarten Unterdevon.[4] Daraus folgt, daß schon zur Zeit der Bildung der oberen Kuseler Schichten und auch später noch der Hunsrück Denudationsgebiet war, also höher aufragte als das Ablagerungsbecken. Das Devon des Hunsrücks war nach LASPEYRES „eine steile Felsenklüfte vom Meere des Rotliegenden" (a. a. O., S. 886), und der Hunsrück „bildete damals das Nordufer des Oberrotliegendbeckens, von dem aus zahlreiche Bäche und Flüsse devonische Geschiebe in das Seebecken flößten" (a. a. O., S. 882).

Aber auch eine entgegengesetzte Einströmungsrichtung von S her läßt sich feststellen. Das Vorkommen von Granitarkosen im Kohlenrotliegenden der Umgegend von Kreuznach deutet, „da Granite nördlich der Pfalz nur unter dem Devon verbreitet sind", unwiderleglich auf ein „durch südliche Fluten zugeführtes Bildungsmaterial".[5] Dasselbe tun die in den Konglomeraten enthaltenen Geschiebe von Granit und Porphyr, deren Ähnlichkeit mit den in den südlichen Gebirgen anstehenden Gesteinen unleugbar ist.[6] Nach REIS und von AMMON macht sich der Südrand des Beckens auch durch die Verminderung der Mächtigkeit bemerkbar: „Die südliche Randregion läßt sich auch in den gesamten Lebacher Schichten durch eine beträchtliche Mächtigkeitsabnahme als ein Seichtgebiet erkennen".[7] Nord- und Süd-

[1]) LEPSIUS, Hauptverz. 1892, S. 155 u. 156.
[2]) LASPEYRES, Hauptverz. 1867, S. 880.
[3]) LEPPLA, Hauptverz. 1898, S. 22.
[4]) LEPPLA, GREBE und ROLLE, Hauptverz. 1894, S. 12.
[5]) LASPEYRES, a. a. O., S. 824.
[6]) LASPEYRES, ebenda, S. 825.
[7]) REIS und v. AMMON, a. a. O., S. 127.

ufer des Beckens erstreckten sich also etwa ostwestlich; die Mitte war erheblich tiefer als die Ränder. Der Ablagerungsraum des Unterrotliegenden war sonach eine Mulde, deren Längsachse von W nach O gerichtet war.[1]) Nach E. Suess hatte sich nach der Aufrichtung des variskischen Faltengebirges „ein streichender Graben", der „Saar-Nahe-Graben", gebildet, in dem sich die Sedimente und Intrusivmassen des Oberkarbons und Rotliegenden sammelten.[2]) Um zu erklären, warum das Becken trotz stetiger Auffüllung immer wieder die Hauptmasse der Sedimente aufnehmen konnte, muß man nach Reis annehmen, daß die Mitte in fortwährender Senkung begriffen war und dadurch vor dem völligen Seichtwerden bewahrt blieb.[3])

Der Boden des Beckens tritt nur am Nordrande zutage; hier ist also allein Gelegenheit zum Studium seiner Beschaffenheit, so bei Kallenfels oberhalb Kirn a. d. N., wo die oberen Kuseler Schichten auf die Grauwackenschiefer des Unterdevon übergreifen. Die Oberfläche des letzteren ist hier nach Lepsius „unregelmäßig ausgefetzt".[4]) Eine weitere interessante Beobachtung aus dem Gebiete

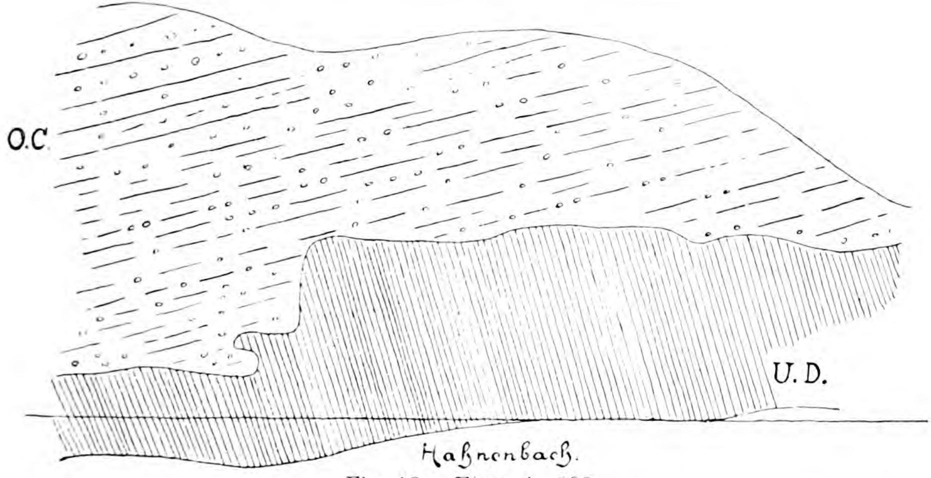


Fig. 12. Etwa 1 : 300

Diskordante Auflagerung des Rotliegenden auf Unterdevon am rechten Ufer des Hahnenbaches bei Callenfels oberhalb Kirn a. d. Nahe. Nach R. Lepsius.

U. D. Unterdevonische Schiefer, fallen mit 75° in Nordwesten ein.

O. C. Obere Kuseler Sandsteine u. Kongl. fallen mit 15° in SSO ein.

Siehe Lepsius, Geologie von Deutschland, I, S. 156.

[1]) Reis, 1903, S. 128.

[2]) Antlitz der Erde, III, 2, 26.

[3]) Siehe S. 243, Zus. 5.

[4]) Lepsius, Hauptverz. 1883, S. 18 u. 19 und Hauptverz. 1892, S. 156.

des Blattes Hermeskeil[1]) teilt Grebe mit: „Recht eigentümlich erscheint die mächtige Ablagerung der Lebacher Erze zwischen den Quarzitbergen des Kahlenberg und Ring, einmal wegen der hohen Lage derselben im Vergleich zu dem Erzvorkommen am Münzbach und bei der St. Hubertushütte, welche Gebirgsstörungen zuzuschreiben ist, dann ganz besonders wegen der Einlagerung in der tiefen Einsattelung zwischen genannten beiden hohen Quarzitbergen. Es muß diese Einsattelung schon vor der Ablagerung der Lebacher Schichten bestanden haben, und es dürfte hier das Talbett eines sehr alten Wasserlaufs sein. Wahrscheinlich hat die Prüms zur Zeit, als sie in einem höherem Niveau verlief und ehe dieselbe tiefer in die Devonschichten einschnitt, ihren weiteren südlichen Verlauf in dieser Einsattelung gehabt." Auch da, wo das Grundgebirge den Boden des Oberrotliegenden bildet, zeigt es Unregelmäßigkeiten der Oberfläche. Aus den Waderner Schichten auf Blatt Losheim ragen nach Grebe an vielen Stellen noch einzelne Quarzitkuppen hervor.[2]) Auf Blatt Freudenberg erfüllt nach Grebe das Oberrotliegende eine Mulde im Quarzit.[3])

Bei der Betrachtung der geologischen Spezialkarten gewinnt man den Eindruck, als sei die Grundgebirgsoberfläche auf den Blättern Losheim, Freudenburg und Merzig, auf denen sie die Unterlage des oberen Rotliegenden bildet, besonders unregelmäßig gestaltet. Das obere Rotliegende bedeckt ja, wie wir schon hörten, eine nach der Faltung des Unterrotliegenden entstandene Denudationsfläche.

Aus dem Gebiete der westlichen Umfassung des Hunsrücks durch das Oberrotliegende stammt eine weitere Beobachtung von Grebe: Bei Ürzig unterhalb Bernkastel a. d. Mosel füllt das Oberrotliegende eine tiefe Mulde im Unterdevon aus. Die Stelle, wo es auf Hunsrückschiefer gelagert ist, ist hier etwa 30 m über der Mosel. Dagegen ist die Grenzscheide zwischen Oberrotliegendem und den Schiefern 1 km SO und 1 km NO von Ürzig etwa 200 m über der Mosel.[4]) Unter diesen Mulden sind offenbar primäre, schon bei der Ablagerung des Rotliegenden vorhandene

[1]) Hauptverz. 1893, S. 13.
[2]) Grebe, Hauptverz. 1889, b), S. 18.
[3]) Grebe, Hauptverz. 1880, S. 8.
[4]) Grebe, Hauptverz. 1888, S. CXII.

Vertiefungen der Oberfläche, keine nachträglich durch Faltung entstandenen Mulden zu verstehen.

Bei Saarbrücken wurde das Rotliegende in geringer Mächtigkeit in flachen muldenförmigen Vertiefungen des Oberkarbons abgesetzt. Der Buntsandstein, der konkordant mit dem Rotliegenden abgelagert ist, greift über die Ränder der Mulden über und ruht diskordant auf dem Kohlengebirge auf.[1]

Am Fuße des Taunus zwischen Wiesbaden und Höchst lagern grobe Konglomerate des Oberrotliegenden unmittelbar auf devonischen Taunusquarziten und -Phylliten. Sie setzen sich aus „gröberen Geschieben und Trümmern von Taunusgesteinen, besonders quarzitischem Material" zusammen.[2] Auch die Konglomerate des Rotliegenden der Wetterau enthalten nach v. REINACH Geschiebe der im südlichen Taunus anstehenden Gesteine neben solchen von Spessartgesteinen.[3] Also überragten damals auch Teile des Taunus als Abtragungsgebiete das südliche und östliche Vorland. Nach diesem wurde der Abtragungsschutt verfrachtet.

Thüringer Wald und Ostthüringisches Schiefergebirge

mit einem Beitrage von Geh. Bergrat Prof. Dr. Scheibe.

Wenn wir alle Rotliegendgesteine vom Thüringer Horste abgetragen denken, bietet sich uns nach J. WALTHER etwa folgendes Bild: „Wir würden ein bei Eisenach ziemlich flaches, bei Ruhla mehrere 100 m aufsteigendes, dann zwischen Tambach und Ilmenau wieder niedriges Schiefergebirge vor uns sehen, das, von Einzelheiten abgesehen, aus zwei Falten zusammengesetzt ist". In Gestalt von flachen Kuppen würden die Granitberge daraus hervorragen. Das vogtländische Schiefergebirge und der Frankenwald würden sich in sanften Wellen nach O hin anschließen".[4] „Während der Rotliegendperiode wurde diese Landschaft von Sedimenten und vulkanischen Gesteinen zugeschüttet, und es darf nicht wundernehmen, wenn hierbei gerade die tieferen Partien von den mächtigsten Gesteinslagen überdeckt wurden, während

---

[1] H. GREBE usw., Hauptverz. 1892, S. 48.

[2] C. KOCH, Nachtrag 1880 und LEPSIUS, Hauptverz. 1883, S. 19.

[3] v. REINACH, Hauptverz. 1892, S. 9 u. 14.

[4] WALTHER, Hauptverz. 1903, S. 166 u. 167.

das Gebiet von Ruhla und die obengenannten Höhen nur dünne Decken trugen, die bei der tertiären Abtragung rasch entfernt wurden."[1]) LEPSIUS schreibt im Anschlusse an die Besprechung der Gehrener Stufe, der untersten Stufe des Unterrotliegenden: „In den Senkungen des Grundgebirges . . . wurden zunächst nach dem Untertauchen unter das Rotliegendmeer Gerölle von harten Gesteinen und grobkörnige Arkosesandsteine abgelagert . . .".[2]) Die Konglomerate der Tambacher Schichten (Oberrotliegendes) sind von den Geröllen der Gneise, Glimmerschiefer, Granite, welche jetzt bei Ruhla—Brotterode anstehen, erfüllt. Daraus schließt LEPSIUS auf höhere Lage des kristallinen Grundgebirges dieser Gegend im Oberrotliegenden. „Hebungen und Senkungen der Erdkruste, sowie starke Denudationen bewirkten bereits während der Rotliegendzeit wiederholtes Auftauchen des kristallinen Grundgebirges über das Meer" (a. a. O., S. 278). Mir kommt es nur auf die Tatsache an, daß das kristalline Gebirge der Gegend von Ruhla—Brotterode im Oberrotliegenden über die Umgebung emporragte. „Rasch wechselt die Mächtigkeit der bald hier, bald dort abgelagerten Schuttmassen" des Rotliegenden.[3]) Dies ist durch die Unebenheit der Unterlage mit verursacht, gemäß der früher angeführten Äußerung desselben Schriftstellers, das „die tieferen Partien von den mächtigsten Gesteinslagen überdeckt wurden". Transgression der jüngeren Lagen der Sedimente über die älteren hinweg auf das kristalline Gebirge ist auch hier eine häufige Erscheinung. So greifen „in der ganzen langen Strecke vom Mosbachtale bis Schweina" die Tambacher Schichten (Oberrotliegendes) auf das kristalline Gebirge über.[4]) Ferner transgrediert der Zechstein im Gebiete von Brotterode—Ruhla über die Rotliegendschichten bis auf das Grundgebirge: „Von Klein-Schmalkalden an nach NW über Liebenstein bis Schweina und am Nordrande bei Thal liegt der Zechstein direkt auf dem Glimmerschiefer oder auf Gneis und Granit". Auch in Ostthüringen lagert der Zechstein „längs des Nordrandes des ostthüringischen Schiefergebirges von Amt Gehren über Saalfeld und Neustadt bis zum Elstertale oberhalb Gera" ohne Rotliegendes

---

[1]) J. WALTHER, a. a. O.
[2]) LEPSIUS, Hauptverz. 1910, S. 263.
[3]) J. WALTHER, Hauptverz. 1903, S. 44.
[4]) LEPSIUS, a. a. O., S. 259.

unmittelbar auf dem Grundgebirge.[1]) Die Transgression des Zechsteins muß sich auch noch weiter nach dem Inneren des kambrischen Schiefergebirges im SO des Thüringer Waldes erstreckt haben, wie die Reste von Zechstein am Rennstieg bei den Quellen der Schwarza nahe Scheibe beweisen. Bei Scheibe greift auch „der Buntsandstein über Zechsteinstufen auf das Schiefergebirge über; dies beweist eine bergige Oberfläche des alten Kontinents . . .".[2]) Auch innerhalb der Zechsteinformation greift die obere Stufe über die untere auf das Grundgebirge über. Es fehlen „zuweilen die unteren Stufen des Zechsteins, und die Plattendolomite und Letten des oberen Zechsteins lagern in übergreifender Lagerung direkt auf dem Grundgebirge, wie z. B. in der Umgebung von Liebenstein (NW Schmalkalden: der Verf.) auf dem Gneis oder bei Pößneck (östlich von Saalfeld) auf Kulmgrauwacken oder weiter östlich, wo in der Strecke von Triptis über Weida bis gegen Gera hin der untere und mittlere Zechstein fehlt und sich der obere Zechstein überall unmittelbar auf das Schiefergebirge . . . auflagert. Solche übergreifende Lagerung beweist die bergige, kontinentale Natur des Grundgebirges (von mir gesperrt: der Verf.), dessen Taltiefen zuerst vom unteren und mittleren Zechstein ausgefüllt wurden und erst der obere Zechstein die Berghöhen überkleiden konnte. Von einer gleichmäßigen Abrasionsfläche (nach RICHTHOFENS Hypothese) ist also auch hier wie in allen anderen Fällen nichts zu bemerken."[3])

Am Rennstieg bei den Quellen der Schwarza zeigt der Zechstein normale Ausbildung ohne lokale Konglomerate. Das Zechsteinmeer hat also hier das Gebirge ohne Abrasion überflutet.[4]) Dagegen tritt zwischen Saalfeld und Pößneck an der Basis des Zechsteinkalkes eine über 1 m Mächtigkeit erreichende, aus Schieferbruchstücken des Untergrundes bestehende Breccie auf.[5]) Ähnliche Konglomerate finden sich auch anderwärts in ziemlicher Verbreitung an der Basis des unteren Zechsteins (bei Osnabrück, Fulda, Allendorf, in der Wetterau, im Spessart, am NW-Rande des Thüringer Waldes, stellenweise am südlichen Harz-

[1]) LEPSIUS, a. a. O., S. 278.
[2]) LEPSIUS, a. a. O., S. 279.
[3]) LEPSIUS, a. a. O., S. 280.
[4]) LEPSIUS, Hauptverz. 1910, S. 279.
[5]) F. MEINEKE, Hauptverz. 1910, S. 34 des Dissertationsabdruckes.

rande); an drei Stellen sind marine Versteinerungen darin gefunden worden. Diese Konglomerate beweisen, daß stellenweise durch die Brandung des Zechsteinmeeres eine Abrasion des Grundgebirges und Rotliegenden stattgefunden hat; aber da sie nur geringe Mächtigkeit besitzen, kann die Wirkung nur geringfügig gewesen sein.[1])

In Beziehung damit steht eine sehr interessante Beobachtung der Thüringerwald-Geologen über die Morphologie des Thüringer Waldes und vor allem deren Deutung. Die Oberfläche des Gebirges soll durch eine von Tälern zerschnittene Rumpffläche gebildet werden, und diese Rumpffläche soll die Abrasionsfläche des Zechsteinmeeres darstellen. Sie wird in den Erläuterungen zu Blatt Ilmenau folgendermaßen geschildert[2]): „Stellt man sich die Höhen der hauptsächlichsten Gipfel in diesem Gebiet zusammen, so tritt unverkennbar die Tatsache ihrer auffälligen Annäherung an die mittlere Kammhöhe hervor. Eine Fläche, die von den hohen, dem Rande nahen Gipfeln über die Spitzen der meisten Hauptkuppen nach den Bergen am Kamm des Gebirges hin gelegt wird, ist äußerst schwach gewellt und weicht von einer wagrechten wenig ab. Dies wird wahrscheinlich kein Zufall sein, sondern die Annahme stützen, daß diese Fläche die alte Abrasionsfläche des vordringenden Zechsteinmeeres annähernd wiedergibt.“ Ähnlich wird sie in den Erläuterungen zu Blatt Schleusingen (S. 3) und zu Blatt Crawinkel-Gräfenroda (S. 5) geschildert. Ich bin nicht in der Lage, zu dieser Deutung selbständig Stellung zu nehmen. Bei Regel ist auch von einem Abrasionsplateau, das von der Brandung des Zechsteinmeeres geschaffen wurde, einer schräg aufsteigenden, ebenen Fläche, die Rede. Durch die Abrasion soll vieles Rotliegende wieder zerstört worden sein.[3]) Im O von Thüringen „blieb das alte Abrasionsplateau mit seinen uralten Abdachungsverhältnissen am ungestörtesten erhalten“ (a. a. O., S. 290). Der eigentliche Thüringer Wald zeigt aber ein verändertes Gepräge. „Gleicht der südöstliche, noch dem Schiefergebirge angehörige Teil in seinem Plateaucharakter und dem Verlauf der Täler noch mehr dem Frankenwald“, so zeigt der mittlere und

---

[1]) Meineke, a. a. O., S. 40.

[2]) Nachtrag 1908, S. 4 u. 5.

[3]) F. Regel, Nachtrag 1892, S. 231.

nordwestliche Teil „scharfe, kammartige Ausprägung des Gebirgsrückens“. Nach dieser Schilderung erscheint es zweifelhaft, daß REGEL die „Rumpffläche“ des eigentlichen Thüringer Waldes als eine marine Abrasionsfläche betrachtet. Neuerdings hat man erkannt, daß die Transgression des Zechsteinmeeres fast durchweg den Charakter einer ruhigen Überflutung hatte.[1]) Dies spricht nicht zugunsten der Ausbildung einer Zechsteinabrasionsfläche im Thüringer Walde. Selbst wenn aber eine solche entstanden wäre, müßte es fraglich erscheinen, ob sie noch in der heutigen Oberfläche erhalten oder wenigstens erkennbar ist. Ein Teil der neueren Morphologen ist geneigt, die Hochflächen in den deutschen Mittelgebirgen der Wirkung tertiärer subaerischer Abtragung zuzuschreiben.[2]) PHILIPPI bestreitet aber überhapt das Vorhandensein einer Rumpffläche im „nordwestlichen, vorherrschend aus Rotliegendem gebildeten Anteile des Thüringer Waldes“. Daher fand er hier nirgends auch nur einigermaßen erkennbare Reste seiner „präoligocänen Landoberfläche“ (siehe unten). „Fanatiker der Peneplain-Theorie werden vielleicht auf die im allgemeinen wenig voneinander abweichenden Berghöhen hinweisen, und zweifellos könnte ein oberflächlicher Beobachter, wenn er vom Adlersberg oder Kickelhahn sein Auge über annähernd gleich hohe Kämme schweifen läßt, geneigt sein, auch hier eine Peneplain anzunehmen. Allein auch die Erosion kann gleiche Kamm- und Gipfelhöhen schaffen, wenn die Flußtäler etwa gleichen Abstand voneinander besitzen und die zwischen ihnen liegenden Gesteine etwa die gleiche Widerstandsfähigkeit aufweisen. Daß aber der Kamm des nordwestlichen Thüringer Waldes keineswegs Teile einer alten Peneplain enthält, dürfte schon eine Wanderung auf dem Rennsteig beweisen“.[3])

Im Thüringer Walde lagert das Oberrotliegende diskordant über den älteren Rotliegendstufen und schließt Porphyrgerölle aus dem älteren Rotliegenden ein.[4]) Die Abtragung hat also wohl auch an manchen Stellen das Grundgebirge von der ersten Rotliegenddecke befreit und seine Oberfläche verändert, so daß hier die Auflagerungsfläche des Oberrotliegenden und Zechsteins

[1]) MEINEKE, Hauptverz. 1910; MEYER, Nachtrag 1913.
[2]) Vgl. PHILIPPI, Hauptverz. 1910.
[3]) PHILIPPI, a. a. O., S. 328.
[4]) SCHEIBE, Hauptverz. 1902, S. 19.

auf Grundgebirge nicht mehr überall als diejenige der ältesten Sedimentdecke gelten kann.

Diese Skizze der Grundgebirgsoberfläche des Thüringer Waldes, durch die ihre Beschaffenheit in großen Zügen wiedergegeben wurde, möge noch durch einige Einzelzüge ausgestaltet werden.

Die vollständigste Ausbildung zeigt das Rotliegende im südöstlichen Thüringer Wald bei Ilmenau—Suhl—Masserberg. Die kristallinen und paläozoischen Schiefergesteine, in die im Anschluß an die Faltungsvorgänge ausgedehnte Granitmassen eingedrungen waren, sind noch vor Beginn der Periode des Rotliegenden so weit abgetragen worden, daß der Granit in beträchtlichem Umfang bloßgelegt wurde. „Auf der neuen unebenen Oberfläche dieses Grundgebirges (von mir gesperrt: der Verf.) hat sich das Rotliegende abgelagert und als eine mächtige Folge von Konglomeraten, Sandsteinen und Schiefertonen nebst zahlreichen Eruptivgesteinen und Tuffen die Schiefer und den Granit überdeckt.“[1] Übereinstimmend bemerken die Erläuterungen zu Blatt Ilmenau[2]) mit Bezug auf das Gebiet dieses Blattes: „Die Aufrichtung und Zusammenschiebung des Kambriums in südwest—nordöstlich streichende Falten fällt in die Zeit des Oberkarbons. — Auch die nachträglich erfolgte Abtragung wird seine Oberfläche, bis zu ihrer Bedeckung mit Rotliegendem, noch recht uneben gelassen haben (von mir gesperrt: der Verf.). Sie ist es jetzt freilich noch mehr, infolge von späteren (tertiären) Lageveränderungen, die mit der Herausbildung des Thüringer Waldes zusammenhängen und in den überlagernden Schichtensystemen hauptsächlich sichtbar werden. So ragt das Kambrium am Morast bis über 2200 Fuß[3]) (835 m) Meereshöhe auf, reicht am Ehrenberge nur bis zu 1390 Fuß (529 m) und ist im Bohrloche zu Dörnfeld (Blatt Stadtilm), sicherlich infolge Herabziehung durch Flexur und Verwerfungen, am Gebirgsrande erst bei 282 m unter dem Meeresspiegel angetroffen worden.“ Solche durch jüngere Gebirgsbewegungen hervorgerufenen Höhenunterschiede kommen für diese Arbeit nicht in Betracht.

---

[1]) Blatt Suhl, Nachtrag 1908, S. 26.

[2]) Nachtrag 1908, S. 147.

[3]) Auf den geologischen Spezialkarten sind die Höhen noch in Fuß ausgedrückt.

„Deutlicher als am Kambrium läßt sich beim Granit des oberen Ilmtales an dem Verlauf der Grenze gegen das Rotliegende (am Kesselshaupte, Rosenkopf und anderen Orten) verfolgen, wie unregelmäßig gewellt seine Oberfläche ist. Wohl war sie dies auch schon zur Zeit des Rotliegenden und hat die Lagerung des letzteren beeinflußt (von mir gesperrt: der Verf.), aber die jetzige Gestaltung ist auch durch Verwerfungen mitbedingt. Am westlichen Blattrande zum Beispiel erreicht der Granit fast 2000 Fuß (750 m) (Lauersberg), am Brand 1900 Fuß (720 m) Höhe, senkt sich aber innerhalb geringer Entfernung in der Ilm-Aue bis zu weniger als 1500 Fuß (550 m) herab.[1]) Die zwischen Meyersgrund und Ehrenberg an verschiedenen Stellen aus der Rotliegenddecke auftauchenden Partien von Granit lassen die Annahme zu, daß er unter dem Rotliegenden in zusammenhängender Masse sich vom oberen Ilmtale bis zum Ehrenberg erstreckt.“[2]) Auch auf dem Gebiete des Blattes Schleusingen findet man „beim Verfolgen der Hauptgrenze des Rotliegenden um das im oberen Vesser- und Nahetal aufgeschlossene Grundgebirge“ auffällige Höhenunterschiede. Vom Adlersberg aus hält sie sich nach NO hin sehr hoch, wenigstens in ungefähr 2000 Fuß (759 m); auch auf Gersheit wird diese Höhe noch teilweise, auf dem Steinbühl und der Hohen Buche beinahe erreicht. Aber schon bei Neuwerk geht sie bis 1700 Fuß (630 m), weiter unten im Nahetal bis 1450 Fuß (540 m), im Vessertal bis 1350 Fuß (500 m), im Stelzenwiesengrund bis 1600 Fuß (595 m) herunter, während dazwischen hohe Lagen sich einstellen. Innerhalb des Grundgebirges sinkt seine alte Oberkante am Rubelsberg bis auf 1600 Fuß (600 m), am Steinbühl bis 1700 Fuß (660 m), am Helmsberg — hier kaum 900 m vom höchsten 2200 Fuß (830 m) betragenden Punkte — auf 1750 Fuß (700 m).[3]) „Schafft man sich danach von der heutigen Gestaltung der Auflagerungsfläche des Rotliegenden auf dem Grundgebirge ein Bild, das letzteres unter Ausschaltung der vorliegenden nachträglichen quartären Abtragung wiedergibt, so kommen Biegungen jener Fläche zur Anschauung, die die zunächst zu erwartende flachkuppelförmige Wölbung stören und die jedenfalls bei Beginn der Rotliegendzeit noch nicht vor-

[1]) Gefälle beidemal etwa 5°.

[2]) Blatt Ilmenau, Nachtrag 1908, S. 147.

[3]) Etwa 8° Neigung.

handen waren, sondern eben auf viel spätere, mit der Entstehung des Thüringer Waldes in Verbindung stehende Einwirkung — sei es Faltung, sei es Verwerfung — hinweisen."[1]) Hier wird für Unebenheiten der Grundgebirgsoberfläche nachträgliche tektonische Entstehung angenommen.

Auf Profil 1, das die Blätter Suhl und Ilmenau durchschneidet (Beilage der Erläut. z. d. Bl. Suhl und Ilmenau), fällt ein nordöstlich des Ortes Aschbach auf Blatt Suhl vorhandener, an der „Chaussee Zwei Wiesen" an der Erdoberfläche auftauchender Granitrücken besonders ins Auge. Eine Skizze der Grundgebirgsoberfläche in Höhenschichten von dem SO des Blattes Suhl, dem SW des Blattes Ilmenau, dem NO des Blattes Schleusingen und von Blatt Masserberg zeigt eine unebene Fläche. Die Unebenheiten sind sehr zahlreich, aber nicht bedeutender als anderwärts. Das Aussehen ist flachwellig. Die Höhenlage schwankt zwischen 1200 Fuß und 2200 Fuß, meist sogar nur zwischen 1600 Fuß und 2000 Fuß. So ziemlich das stärkste Gefälle findet sich auf Blatt Schleusingen etwa von der Fohlenweide zum Vessergrund. Hier fällt die Obergrenze des Kambriums auf etwa 1200 m horizontal um etwa 260 m = etwa 12°. Sonst bleiben die Böschungswinkel durchweg weit unter dieser Grenze.

Nun zeigen aber nicht nur die untere Grenze des Rotliegenden, sondern auch die Grenzflächen der einzelnen Stufen des Rotliegenden „mancherlei Unregelmäßigkeiten, besonders fortgesetzte Auf- und Abbiegungen, welche sehr unbeständig in ihrer Richtung sind und von Ort zu Ort wechseln: Sedimente wie Eruptivgesteinsdecken fallen oft von beiden Seiten einer Talstrecke nach dem Talboden zu und senken sich von der Höhe eines Bergrückens beiderseits ab, so daß hier sattel- und muldenartige Lagerung auf eine gewisse Strecke hin mit den orographischen Formen übereinstimmen. Dementsprechend treten auch die liegendsten Schichten und die kambrische Unterlage (i. e. auf Bl. Masserberg: der Verf.) ebensowohl in den Taltiefen als auf den Höhen benachbarter Berge zutage. Zum Unterschiede von jenen Faltungsvorgängen mit ihren lang hinziehenden Sattel- und Muldenbiegungen, von welchen sowohl das alte Schiefergebirge als auch später das jüngere mesozoische Vorland des Thüringer Waldes ergriffen worden ist, zeigt sich

[1]) Blatt Schleusingen, Nachtrag 1908, S. 114 u. 115.

aber die erwähnte auf- und absteigende Lagerung in unserem Rotliegenden sehr richtungsunbeständig, sie wechselt von Stelle zu Stelle."[1])

Über die Stärke der Schichtneigung des Rotliegenden finden sich wenige Angaben in den Erläuterungen zu den Spezialkarten. Bei den Goldlauterer Schichten auf Blatt Schleusingen in der Umgebung der Breitenbacher Ochsenwiese kommt steiles, 30° mehrfach überschreitendes Einfallen vor. Doch ist dieser Ort sehr nahe der südlichen Hauptrandspalte.[2]) Auf Blatt Plaue wechselt das Einfallen der Schichten des Oberrotliegenden „an den verschiedenen Orten der Aufschlüsse zwischen 25° und 45° in der Richtung nach N bis NNO; als Mittel kann 35° nach Stunde 1 gelten".[3]) Diese Aufschlüsse liegen in großer Nähe der nördlichen Hauptrandspalte. Auf Blatt Crawinkel-Gräfenroda fallen die Oberhöfer Schichten bei Oberhof mit 25—32° nach N bis ONO ein.[4]) Die angeführten Beispiele scheinen ausnahmsweise große Werte darzustellen. Die Werte, die ich aus den geologischen Karten bei Suhl und Ilmenau entnahm, schwankten zwischen 2° und 20°; die meisten waren erheblich kleiner als 20°. Neigungen über 20° scheinen bei den Grenzflächen des Rotliegenden doch selten zu sein.

Es ist nun sehr wichtig, nach den Ursachen dieser Unregelmäßigkeiten in der Lagerung des Rotliegenden zu forschen. Verwerfungen allein reichen nach LORETZ zur Erklärung nicht aus, obwohl das Rotliegende von einer Anzahl solcher durchsetzt wird.[5]) Die Annahme von Faltungsvorgängen „wird sich nicht abweisen lassen". Dabei muß man sich die Aufsattelungen und Einmuldungen sowohl ziemlich nahe aneinander als auch namentlich nach mehreren Richtungen, „wie es scheint, mindestens zwei sich kreuzenden Richtungen", verlaufend denken. Wann sollen nun diese Faltungen erfolgt sein? Die Annahme einer direkten Fortsetzung „der alten Schiefergebirgsfaltung" zur Zeit des Rotliegenden hat ihre Bedenken und wird daher von LORETZ abgelehnt, doch könnten sich immerhin zur Zeit des Rotliegenden Störungen vollzogen haben, wie die Eruptivgesteins-

---

[1]) H. LORETZ, Nachtrag 1906, S. 75 u. 76.
[2]) Blatt Schleusingen, Nachtrag 1908, S. 56.
[3]) E. ZIMMERMANN, Nachtrag 1904, S. 20.
[4]) E. ZIMMERMANN, Nachtrag 1908, S. 21.
[5]) H. LORETZ, Hauptverz. 1893, S. 117.

gänge rotliegenden Alters beweisen, nur ist es schwer, die Art der Störungen genauer anzugeben. Das Nächstliegende ist, „sie zeitlich und dem Wesen nach als zusammenfallend anzunehmen mit den Gebirgsbewegungen, welche die jüngeren Schichten . . . im Tertiär ergriffen haben". Gegen dieses zeitliche Zusammenfallen scheint der Umstand zu sprechen, daß die „Unregelmäßigkeiten in der Lagerung des Rotliegenden viel verwickelter aussehen und sich viel weniger leicht auf jene wenigen bestimmten Richtungen beziehen lassen, als dies in den jüngeren Systemen der Fall ist". Zur Erklärung nimmt LORETZ an, daß die mechanische Beanspruchung des Rotliegenden infolge der stark wechselnden Mächtigkeit, der unregelmäßigen Gestalt, der wechselnden Gesteinsbeschaffenheit seiner Glieder ganz anders war, als bei den gleichartiger aufgebauten jüngeren Systemen. Trotzdem lassen sich nicht alle Unregelmäßigkeiten der Lagerung auf spätere Verbiegungen zurückführen. Die Lagerung des Rotliegenden muß schon von Anfang an mit Unregelmäßigkeiten behaftet gewesen sein, die in den besonderen Bildungsverhältnissen begründet waren. Es kommen verschiedene Momente in Betracht: 1. Die Glieder des Rotliegenden, insbesondere das unterste, haben von Anfang an einen sehr unebenen Boden vorgefunden. Dadurch daß sie sich dem Boden anschmiegten, bekamen sie von Anfang an unregelmäßige Grenzflächen; 2. zum Teil haben sie, insbesondere die Ergußmassen, „mit sehr unebener Oberfläche den festen Zustand angenommen"; 3. schon gebildete Ablagerungen wurden durch Wasser und explosive Wirkungen wieder zerstört; im Zusammenhange damit steht die übergreifende Lagerung der einzelnen Glieder. So mußten „die einzelnen Lager und Lagerteile" „von vornherein von recht unregelmäßig gestalteten Flächen begrenzt gewesen sein"; endlich fanden 4. schon in der Zeit des Rotliegenden wiederholte Dislokationen statt.[1]) Die Auffassung der Lagerung des Rotliegenden ist von ausschlaggebendem Gewichte für die Beantwortung der Frage, ob die heutigen Unebenheiten der Grundgebirgsunterlage des Rotliegenden schon alle vor der Entstehung des Rotliegenden vorhanden waren, oder erst später entstanden sind. Von H. LORETZ und anderen Thüringerwald-Geologen wird das

[1]) H. LORETZ, a. a. O., 1893, S. 117—126; siehe auch die Erläuterungen zu den geol. Spezialkarten.

erstere verneint. Sie sollen zum großen Teil, wie die Unregelmäßigkeiten der Rotliegendschichten, durch jüngere Verschiebungen und Verbiegungen hervorgerufen sein. Aber alle Thüringerwald-Geologen stimmen auch darin überein, daß der ursprüngliche Auflagerungsboden des Rotliegenden auch schon sehr uneben gewesen sein muß. Man erkennt dies u. a. daraus, daß bei Masserberg, dessen Umgebung sich nach LORETZ durch ziemlich ungestörte Lagerung auszeichnet[1]), die kambrische Unterlage des Rotliegenden auch keine ebene Fläche ist. Das Übergreifen jüngerer Schichten über ältere auf Grundgebirge, z. B. der Goldlauterer Schichten (rm_1) über die Gehrener (ru_1) auf Blatt Suhl und Blatt Masserberg, wird man nicht allein auf Abtragungen, sondern auch auf Niveauunterschiede des alten Gebirges zurückführen. LORETZ gibt seiner Meinung über die uns hier beschäftigende Frage folgenden Ausdruck: „Die Annahme, daß hier weiter nichts als der alte, durch frühere Gebirgsfaltung und dann folgende Erosion hergestellte Ablagerungsboden des Rotliegenden in unveränderter Form vorläge, verbietet sich aus Gründen, die zum Teil naheliegen, deren Erörterung hier aber zu weit führen würde, ebenfalls. Bis zu einem gewissen Grade mögen Züge der ehemaligen Oberflächenform, Erhabenheiten, Einbuchtungen des früheren Reliefs, allerdings hie und da noch sozusagen durchleuchten."[2]) Meiner Meinung nach dürfte LORETZ den Einfluß jüngerer Gebirgsbewegungen etwas überschätzen und den der von ihm trefflich geschilderten besonderen Bildungsverhältnisse des Rotliegenden etwas unterschätzen. Es scheint mir, soweit mir darüber ein Urteil zusteht, die einfachste Annahme die zu sein, daß ein beträchtlicher Teil der heutigen Unebenheiten schon bei der Entstehung des Rotliegenden vorhanden war und die Lagerung des Rotliegenden von Anfang an beeinflußt hat.

Die Umgegend von Krock nördlich Eisfeld im südöstlichen Thüringer Walde ist von BEYSCHLAG beschrieben worden. In seiner „geognostischen Skizze der Umgegend von Crock" aus dem Jahre 1882 behandelt er auch die „Mulde des Rotliegenden" (S. 618 u. 619): „Das beschriebene Schiefergebirge ist nach

[1]) Nachtrag 1906, S. 75.

[2]) H. LORETZ, Hauptverz. 1893, S. 124, Fußnote.

seiner Ablagerung unzweifelhaft lange Festland gewesen. Die Reliefformen desselben prägten sich daher deutlich aus, und so entstand die vielfach unebene Unterlage für die in der Karbonzeit sich ergießenden eruptiven Massen und die nach erfolgter Senkung des Schieferterrains zur Ablagerung gekommenen Sedimente." „An geschützten, wenig tiefen Buchten des Meeres fand eine üppige Vegetation die für ihre Entwicklung günstigen Bedingungen und lieferte das Material zur Bildung von Steinkohlenablagerungen." Die damals noch für karbonisch gehaltenen Eruptivgesteine (Quarzporphyre) und Sedimente stammen, wie sich später gezeigt hat, aus der Zeit des Rotliegenden. Die Sedimente beginnen mit Rotliegendkonglomeraten. Das Steinkohlenlager von Krock gehört zum Mittelrotliegenden.[1]) Vom Liegendkonglomerat des Rotliegenden heißt es: „Unebenheiten der Unterlage, welche durch das Konglomerat ausgefüllt sind, verursachen eine sehr wechselnde Mächtigkeit dieser Strandbildung".[2])

Nach Loretz zeigt das Rotliegende zwischen Krock und dem unteren Bibertal in der südlichen Hälfte muldenförmige Lagerung, die aber weiter nördlich verloren geht. „Vielleicht läßt sich die jetzige Lagerung des Ganzen durch ein nachträgliches Einsinken in der Richtung der alten Spalte erklären, welche am stärksten und vielleicht noch mit Verschiebung der sinkenden Teile aneinander verbunden, in den nördlichen Teilen, am unteren Bibertale, gewesen wäre."[3]) Loretz glaubt, daß mit der Richtung des jetzigen Bibertales eine alte Ausbruchsspalte zusammenfiel, aus der die vulkanischen Gesteine ausbrachen. Er vermutet also, daß das Rotliegende bei Krock seine muldenförmige Schichtstellung nicht schon bei der Ablagerung etwa durch Einbettung in eine muldenförmige Senke des Grundgebirges, sondern erst durch späteres Einsinken erhalten habe. Beachtung verdient das Übergreifen jüngerer Schichten über ältere auf Grundgebirge. Wir sehen „in der Richtung vom Krocker Gemeindewald ins untere Bibertal erst ru_1, dann ru_2, dann Pg' (Zwischenlager von Glimmerporphyrit: der Verf.) auf dem Schiefer liegen".[4]) Solches Über-

[1]) Goldlauterer Stufe, siehe Reinisch, Hauptverz. 1910, S. 96.
[2]) Beyschlag, Nachtrag 1882, S. 622.
[3]) H. Loretz, Hauptverz. 1885 b, S. 32 u. 33.
[4]) H. Loretz, a. a. O., S. 33.

greifen auf Grundgebirge könnte doch durch Unebenheiten des Grundgebirges, die schon bei der Bildung des Rotliegenden vorhanden waren, veranlaßt worden sein.

Von einem kleinen Teile des Rotliegenden am Zeupelsberge im NO von Blatt Eisfeld, „der in Verbindung mit seiner Fortsetzung auf Blatt Masserberg" zu betrachten ist, heißt es bei LORETZ: „Das Conglomerat erscheint hier tief in das Schiefergebirge eingesenkt, in dem es von Fehrenbach im oberen Bibergrunde bis auf die Höhe des Rennsteiges liegt".[1] Ob hier das Konglomerat schon anfänglich in einer Grundgebirgssenke Platz fand oder erst später in das Grundgebirge einbrach, darüber erfahren wir nichts Genaueres.

Unweit östlich von hier, „in der Gegend von Limbach und Scheibe, im obersten Schwarzagrund am Sandberg und im obersten Göritzgrund an der Bilbertsleite, erscheinen, allseitig vom kambrischen Gebirge umschlossen, Schollen von Zechstein und Buntsandstein, deren Zusammenhang und Lagerung nach LORETZ nicht ganz leicht zu verfolgen und darzustellen ist. In ihre jetzige Lage sind diese jüngeren Schichten zum Teil erst durch spätere Dislokationen gekommen; sie sind Reste einer ehemals weiter verbreiteten, dem Kambrium aufgelagerten Decke; ihre Erhaltung ist durch ihre zwischen das alte Gebirge eingesenkte Lage bedingt."[2]) Der Zechstein bedeckt hier unmittelbar das Schiefergebirge, und der Buntsandstein greift über Zechsteinstufen auf das Schiefergebirge über. Daß daraus LEPSIUS auf eine „bergige Oberfläche des alten Kontinentes" schloß, hörten wir oben (S. 51). Diese Bedeutung der übergreifenden Lagerung wurde in ähnlicher Weise schon von LORETZ hervorgehoben: „Die ungleichförmige und übergreifende Lagerung der jüngeren Schichten auf das kambrische Grundgebirge, in der Art, daß sowohl Zechstein als unterer und mittlerer Buntsandstein dem Grundgebirge an verschiedenen Stellen aufruhen, läßt auf Unebenheiten des letzteren zur Zeit jener Auflagerung (von mir gesperrt: der Verf.) schließen. Wie weit die gegenwärtige Lage der Auflagerungsfläche, insbesondere auch das Hinaufziehen der Unteren Buntsandstein-Schieferletten an der NW-Seite des Sandberges (von mir gesperrt: der Verf.) den

[1]) H. LORETZ, a. a. O., S. 31.
[2]) H. LORETZ, Nachtrag 1885, S. 30.

ursprünglichen Verhältnissen noch entspricht, läßt sich nicht ermitteln; spätere Bewegungen und Dislokationen können mitgewirkt haben."[1])

Am Kickelhahn bei Ilmenau beginnt nach J. WALTHER das Profil in der Regel mit „Arkosen, roten und schwarzen Schiefertonen, Sandsteinen und Breccien, welche die Unebenheiten des Untergrundes ausgleichen und infolgedessen eine sehr rasch wechselnde Mächtigkeit besitzen."[2]) Im Bereich des Blattes Schmalkalden findet sich nach BÜCKING am Buchenberg nordöstlich Auwallenburg „Rotliegendes unbestimmten Alters", „in drei voneinander getrennten Partien, die offenbar Überreste einer früher ausgedehnteren Ablagerung darstellen, welche in einer alten Terrainmulde des Glimmerschiefers unmittelbar an der Grenze gegen den Granit zum Absatz gelangt war".[3]) Sonst kommt Rotliegendes innerhalb dieses Blattes nur an wenigen Stellen in unmittelbare Berührung mit dem Grundgebirge, wohl aber vielfach der Zechstein. „Die diskordante Anlagerung des Zechsteins an die in das Dyasmeer hineinragenden älteren Gesteine hat zur Folge, daß diese Gesteine nun insel-, kamm- und rippenförmig aus dem zum Teil wieder abgewaschenen Zechstein hervortreten. Man kann derartige Erscheinungen . . . mehrfach beobachten; besonders interessant ist das Hervortauchen eines Granitporphyrganges mitten im Zechstein etwa 500 m westlich von Hohleborn. Es handelt sich hier natürlich nicht, wie man zunächst wohl vermuten möchte, um einen den Zechstein durchsetzenden Gang, sondern lediglich um eine einst in das Zechsteinmeer aufragende Klippe eines älteren Ganges, an die sich die Zechsteinschichten ringsum gleichmäßig angelagert haben. Ähnliche Verhältnisse sind früher in Grubenbauen . . . mehrfach beobachtet und zum Teil auch unrichtig gedeutet worden."[4]) Der untere Zechstein besteht an der Basis am Heiligkreuz aus dem Zechsteinkonglomerat, einer etwa 1 m mächtigen „Ablagerung eines grauen . . . Sandsteins und eines lockeren Konglomerates" mit eckigen Geröllen.[5]) Die genannten Klippen könnten also durch die Brandung des Zechsteinmeeres entstanden sein.

[1]) H. LORETZ, Nachtrag 1885, S. 49.
[2]) J. WALTHER, Hauptverz. 1903, S. 165.
[3]) BÜCKING, Hauptverz. 1906, S. 20.
[4]) BÜCKING, Hauptverz. 1906, S. 21.
[5]) BÜCKING, a. a. O., S. 22.

SCHEIBE erörtert im Jahresbericht der Aufnahme auf Blatt Brotterode von 1895 die Beziehungen des Rotliegenden zum Granit und Gneis am Rennstieg vom Inselsberg bis zum Zigeunerkopf (NO des Blattes Brotterode im nordwestlichen Thüringer Wald). Im Rotliegenden von Winterstein nördlich vom Inselsberg treten Granit-, bzw. Gneispartien weit abseits der jetzigen Granitgrenze innerhalb jüngerer Gebilde der Goldlauterer Stufe, also der unteren Stufe des Mittelrotliegenden, auf. Entweder handelt es sich um herausragende Klippen des unebenen Untergrundes, auf die jüngere Partien der Goldlauterer Stufe über die älteren Partien übergreifen oder um stehengebliebene Granitpartien, deren Umgebung abgesunken ist. Letztere Ansicht verlangt „recht eigentümlichen Verlauf der Sprünge, ein spitzzungenförmiges Ineinandergreifen der abgesunkenen und stehengebliebenen Partien". Daher neigt SCHEIBE der ersteren Ansicht zu, behält sich aber die endgültige Entscheidung für später vor.[1]) Herr Geh. Bergrat Prof. Dr. SCHEIBE hatte die außerordentliche Liebenswürdigkeit, mir auf Anfrage eine Abschrift des betreffenden Abschnittes aus seinem ungedruckten Berichte der Aufnahme vom Jahre 1896 zu verschaffen. Danach kam er zu der Auffassung, daß die fragliche Grenze „zum Teil Verwerfungs-, zum Teil Auflagerungsgrenze ist; letzteres besonders auf der Westseite der Bratpfanne und östlich vom Mühlhag". Um das Übergreifen der Schichten innerhalb der Goldlauterer Stufe wahrscheinlich zu machen, weist der Bericht darauf hin, „wie außerordentlich uneben die Granit-, Gneis- und Glimmerschieferoberfläche während der Bildung des Rotliegenden gewesen sein muß (von mir gesperrt: der Verf.). Am Wagenberg liegt z. B. die Auflagerungsgrenze des Rotliegenden bei 1500 Fuß, an den Reitsteinen schon bei 2100 Fuß. Am Venetianerstein südwestlich am Inselsberg stößt das Rotliegende erst in über 2200 Fuß Höhe an Gneis. Auf 6000 Fuß Horizontalentfernung zeigen sich also über 700 Fuß Höhenunterschied in der Granit-Gneisoberkante."[2]) Nach einer brieflichen Mitteilung von Herrn Geh. Bergrat Prof. Dr. SCHEIBE gibt es im Thüringer Wald noch mehrere ähnliche Beispiele unebenen Untergrundes des Rotliegenden, bzw. Zechsteins.

[1]) SCHEIBE, Hauptverz. 1895.

[2]) Also über $6^2/_3{}^0$ Gefälle (der Verf.).

Ein auffallendes Beispiel rasch wechselnder Mächtigkeit des Oberrotliegenden aus dem nordwestlichen Vorland des Thüringer Waldes führt MEINEKE an: „Auf den Glimmerschiefer des Ruhlaer Gebietes im Thüringer Walde folgt nach NW ein ungefähr 40—50 km breiter Streifen von Oberrotliegendem, dessen Mächtigkeit außerordentlich rasch bedeutend zunimmt. Nach den Ergebnissen einer bei Nentershausen im Riechelsdorfer Gebirge niedergebrachten Tiefbohrung beträgt sie dort fast 1150 m; Nentershausen ist ungefähr 30 km von Ruhla entfernt (= etwa 2° Neigung der unteren Grenze: der Verf.). 25 km nördlich, bei Albungen a. d. Werra, und kaum 20 km westlich, bei Niederellenbach a. d. Fulda, hat sich das Rotliegende bereits wieder ausgekeilt (Anstieg der unteren Grenze mindestens $2^2/_3$—$3^1/_2$°: der Verf.), so daß der untere Zechstein unmittelbar auf paläozoische Schiefer übergreift."[1]) Daraus muß auf das Vorhandensein einer tiefen Depression der Unterlage geschlossen werden.

Anschließend an den eben erörterten Fall weist mich in einem Briefe Herr Geh. Bergrat Prof. Dr. SCHEIBE, der mehrfach erwähnte ausgezeichnete Kenner des Thüringer Waldes darauf hin, „daß wohl das ganze rotliegende Gebiet des Thüringer Waldes bei Beginn der Zechsteinzeit eine auffällige Depression, die eben von den rotliegenden Gebilden aufgefüllt war, darstellte. Man hat Grund anzunehmen, daß das Rotliegende sich nach NO und SW vom Thüringer Wald nicht in wesentlicher Menge und auf größere Entfernung über seinen jetzigen Verbreitungsbezirk hinaus erstreckt.

Wenn bei Ilmenau der Zechstein auf Granit oder Kambrium liegt, das auch in Kalibohrungen nordöstlich davon unter dem Zechstein angetroffen wurde, wenn im Kleinen Thüringer Wald bei Schleusingen der Zechstein auf Grundgebirge (Granit, Cambrium) übergreift, dazwischen die viele Hunderte von Metern mächtige Masse des Rotliegenden liegt — wenn man gegenüber dem ca. 2000 m mächtigen Rotliegenden zwischen Kleinschmalkalden und Tambach die Unterlage des Zechsteins prüft und bedenkt, daß dieser doch in einer Decke den Thüringer Wald überzog, die sich einer horizontalen Ebene leidlich annäherte, also im inneren Thüringer Walde viele Hundert Meter Rot-

[1]) MEINEKE, Hauptverz. 1910, S. 12 des Dissertationsabdruckes.

liegendes unter sich hatte, die an und vor dem Gebirgsrande öfters fehlen, so kommt man zur Annahme einer vom Rotliegenden ausgefüllten Senke, in der sich wohl auch die vulkanischen Erscheinungen und was damit zusammenhing, abspielten (von mir gesperrt: der Verf.). Jetzt liegt bei Ilmenau der Zechstein gerade wo er vom Rotliegenden auf Grundgebirge übergreift, etwa 650 m tiefer, als er wahrscheinlich über dem benachbarten, nur 3 km entfernten Kickelhahn lag, ehe er hier abgetragen wurde; er hatte hier aber schon 700 m Rotliegendes unter sich, so daß ursprünglich dessen Unterlage sich hier ungefähr im Verhältnis 1:4 einsenkte. Ähnliches gilt für den nordwestlichen Thüringer Wald."

Es fragt sich nun, wann die von SCHEIBE für den südöstlich vom Ruhla—Brotteroder Grundgebirge gelegenen Teil des Thüringer Waldes für den Anfang der Zechsteinperiode festgestellte Depression des Grundgebirges, die mit Rotliegendem erfüllt war, entstanden ist, ob sie schon zu Anfang des Rotliegenden vorhanden war oder sich erst innerhalb dieser Periode gebildet hat. Ich habe Herrn Geh. Bergrat Prof. Dr. SCHEIBE gegenüber die Vermutung ausgesprochen, daß diese Senke durch einen Einbruch längs Spalten, die den heutigen Hauptrandspalten des Thüringerwald-Horstes annähernd parallel liefen, vor Beginn des Zechsteins entstanden sei. Jenseits der Spalten wurde dann vielleicht auf den stehengebliebenen Randschollen das Rotliegende bis auf das Grundgebirge abgetragen, und daher käme es, daß jetzt der Zechstein sowohl nordöstlich wie südwestlich des Thüringer Waldes auf das Grundgebirge übergreift (s. Fig. 13, I—IV). Herr

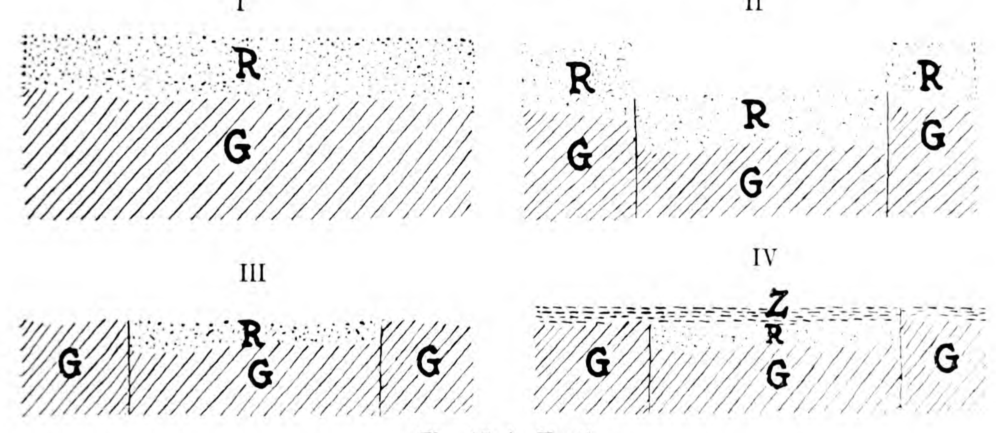


Fig. 13 (s. Text)
G = Grundgebirge; R = Rotliegendes; Z = Zechstein

Geh. Bergrat Prof. Dr. Scheibe hatte nun die Güte, mir seine Meinung darüber ausführlich darzulegen, und ich lasse seine Ausführungen hier mit seiner freundlichen Erlaubnis folgen:

„Die schematischen Profile beziehen sich im allgemeinen nur auf den südöstlich vom Thal—Ruhla—Brotterode—Seligentaler Grundgebirge gelegenen Teil des Thüringer Waldes; denn im letzteren Gebiete fehlt jetzt Rotliegendes, und der Zechstein liegt in ihm direkt auf kristallinem Grundgebirge. Nordwestlich von ihm ist fast nur Oberrotliegendes da. Das zeigt zunächst, daß vor der Zechsteinbedeckung die allerverschiedensten Gesteine vom Grundgebirge bis zum Oberrotliegenden ausbissen und das Rotliegende nicht immer vollständig ist. Das kompliziert die Sache.

Bleiben wir aber bei dem Schema, d. h. bei dem Gebiet südöstlich vom Ruhla—Seligentäler Grundgebirge, denn nur in diesem Hauptgebiet des Rotliegenden können die Anhaltspunkte gefunden werden. Wenn Ihre Meinung gemäß Ihren Figuren I bis IV gilt, so müssen am Gebirgsrande irgendwelche Stufen des Rotliegenden doch wohl mehrfach gegenüber dem Grundgebirge abgesunken gefunden werden müssen, und zwar in Spalten, die interpermisch sind (jünger als das Rotliegende und älter als der Zechstein). Am sichersten müßte das zu sehen sein, wenn die jetzigen Randspalten, bzw. Flexuren etwas außerhalb Ihrer angenommenen permischen Sprünge liegen würden.

Absinken von Rotliegendem gegen Grundgebirge am Rande ist nun zu beobachten, am Südrande z. B. auf Blatt Schleusingen bei Waldau, Silbach und am Spitzberg (vgl. Profile in den Erläuterungen), auf Blatt Tambach in Steinbach-Hallenberg, am Nordrande z. B. bei Mersbach. Aber daß die Verwerfungen interpermisch seien und der Zechstein über sie weggegangen sei, ist nicht wahrscheinlich. Sie verknüpfen sich mit Rand- oder Vorlandspalten, sind also jüngstmesozoisch-tertiär gleich den analogen Spalten im Gebirge, auf denen z. B. Zechstein verstürzt und verkieselt ist. Auch liegt bei den Spalten, wie auch an den Stellen, wo am Gebirgsrand Grundgebirge noch auftaucht (Ilmenau, Seligental, Bermbach [Blatt Mehlis], Hirschbach [Blatt Schleusingen]), tiefstes oder tiefes Rotliegendes auf ihm ohne Verwerfung; also muß der Zechstein vom Grundgebirge auf Rotliegendes übergegriffen haben, das nicht in Verwerfung an

Grundgebirge stößt, wenn bei seiner Bildung das Grundgebirge dort frei lag.

Indessen ist für mich kein Zweifel, daß auch interpermische Verwerfungen im Thüringer Walde existieren, bzw. anzunehmen sind, wenn man nicht ganz auffällige Diskordanzen mit sehr schnell ausspitzenden mächtigen Schichten annehmen will, über die dann jüngeres Rotliegendes weggreift, z. B. an der Schwalbensteiner Wand (Blatt Ilmenau, Erläut. S. 156, Fußnote), auch am Inselsberge. Ferner muß z. B. bei Asbach (Blattgrenze Tambach—Schmalkalden), wo Zechstein des Rechtales abgesunken ist, auf der gleichen Spalte vor seiner Ablagerung Rotliegendes im umgekehrten Sinne abgesunken sein. Dazu kommen z. B. die Spalten der rotliegenden Gänge, an denen gelegentlich Verschiebungen zu erkennen sind. Sichere Nachweise solcher rotliegenden Verwerfungsspalten sind aber sehr selten und schwierig zu erbringen. Daß aber diese Verwerfungen nur entfernt die Einsenkung des Rotliegenden unter der Zechsteindecke vor ihrer Bildung bewirkt haben, ist ausgeschlossen.

Fielen die jetzigen Randspalten des Thüringer Waldes mit den auf Ihren Profilen angenommenen zusammen, wäre auf der gleichen Spalte der permischen Verschiebung auch die im umgekehrten Sinne verlaufende kretazisch-tertiäre erfolgt, so wäre guter Rat teuer, falls man weder in der Tiefe, noch irgendwo im Ausbiß erkennen könnte, daß die permische Störung seinerzeit erfolgt ist. Namentlich auch, wenn etwa außerhalb der Sprünge Reste von Rotliegenden erhalten geblieben waren, als der Zechstein sich darüber legte, ist eine Beurteilung schwierig. (Der dritte Fall, daß die tertiären Randstörungen innerhalb Ihrer permischen Sprünge verliefen, ist wohl nicht näher zu diskutieren nötig, da dann ja der Zechstein nicht auf Grundgebirge an den Randstörungen zu erwarten und zu beobachten sein wird, was doch aber in Wirklichkeit statt hat.) Da ist nun besonders günstig, daß bei Ilmenau, wo der Zechstein auf Grundgebirge (Granit, bzw. Kambrium) liegt und auf die rotliegenden Glieder bis zum Oberrotliegenden übergreift, gar keine Randspalte (Verwerfung), sondern nur eine Flexur da ist, die zudem nach NW hin (Roda) in einfache steilere Auflagerung, nach S und O (Fischerhäuser am Ehrenberg) sogar in flache Auflagerung übergeht. Hier kann also das Rotliegende, wenn es vor Ablagerung des Zechsteins absank, daraufhin kontrolliert werden. Aber am Ehrenberg ist

davon nichts zu finden, im Gegenteil. Ähnliche Erwägungen gelten für die Gegend von Seligental, Schweina, Thal im NW. Ihre Ansicht möchte ich deshalb ablehnen. Immerhin ist die Sache sehr kompliziert, denn es fehlen weithin am Gebirgsrande, z. B. besonders am Südrande, wo das Vorland in Spalten absank, ausreichende Aufschlüsse.

Für die Beurteilung der Frage, ob das Rotliegende in primärer oder nachträglicher Senke liegt, müssen nun aber auch die vielfachen Lagerungsdiskordanzen in dieser Formation beachtet werden; so z. B. das Übergreifen von Goldlauterer Schichten (rm_1) auf Grundgebirge auf Blatt Masserberg und Eisfeld, bei Kleinschmalkalden und am Inselsberg; das Übergreifen der gleichen Zone auf tiefe Gehrener Schichten (Blatt Schleusingen und im nordwestlichen Thüringer Wald); das Übergreifen der Oberhöfer Schichten (rm_2) auf Glimmerporphyrit (ru_1) bei Georgental; die Neigung dazu nordwestlich Mehlis; das Übergreifen insbesondere des Oberrotliegenden (ro) auf Goldlauterer Schichten (rm_1), (Engelsbach bei Friedrichroda), auf Gehrener Schichten (ru_1) bei Georgental und Ilmenau und sogar Grundgebirge (im nordwestlichen Thüringer Wald). So kann man annehmen (vgl. auch Profile zu Blatt Ilmenau bei Ilmenau), daß bei Ilmenau das Oberrotliegende über ru_1, rm_1, rm_2 weggreift, bei Georgental, daß es von ru_1 über rm_1 und rm_2 innerhalb kurzer Entfernung weggreift. Es ist zu erwägen, ob die Transgression jüngerer Gebilde über wesentlich ältere ein einfaches Weiterausdehnen über aufgefüllte Becken ist, oder ob nicht in rotliegender Zwischenzeit tiefgreifende Lageänderung und Abtragung gebildeter Schichten vor sich gegangen ist und dann die Transgression erfolgte. Letzteres ließe nun allerdings eine Auffassung der Bildung und Lagerung des Rotliegenden wohl erwägen, die an Stelle Ihrer Meinung der Versenkung an Bruchlinien treten könnte und auch meine Meinung einer primären Senke hinfällig machen könnte, nämlich daß die von dem Zechsteinverlauf geforderte Senke, in der unter ihm das Rotliegende lag, während des letzteren Bildung allmählich entstand. Man mag annehmen, daß die rotliegenden Schichten und Laven sich in einem Gelände gebildet haben, das wohl uneben, hügelig war, aber zuletzt einem heutigen Hügelland glich. Man mag ferner annehmen, daß es sich weit über das Gebiet des Thüringer Waldes hinaus erstreckte.

Schon innerhalb des Unter- und Mittelrotliegenden sind dann durch Lageänderung des Untergrundes die Zerstörung von rotliegenden Gebilden und ungleiche Auftürmung neuer Gebilde bedingt worden und starke Diskordanzen durch Ausfall und übergreifende Bedeckung von Lagen eingetreten. Dabei müßte nun auch Abtragung von Gebilden vor sich gegangen sein, die außerhalb des jetzigen Thüringer Waldes lagen. Denn aus bestimmten Beobachtungen ist mir sehr wahrscheinlich, daß das jetzige Rotliegende sich nicht mehr wesentlich beiderseits über das jetzige Gebiet des Thüringer Waldes hinaus erstreckt — abgesehen vom Oberrotliegenden des NW, das dorthin sich in der Tiefe ausbreiten mag —, und ich muß eine nachträgliche Beschränkung annehmen, wenn es anfänglich viel weiter reichte. Das könnte, muß aber nicht einschließen, daß die abgetragenen Massen höher lagen als das Thüringerwald-Gebiet, es sei denn, daß die Zerstörungsprodukte auch dorthin abgeführt worden sind. Vor Bildung des Oberrotliegenden ist das Eisenacher Gebiet und das Kleinschmalkalden—Schweina—Ruhlaer Grundgebirge größtenteils freigelegt worden, soweit es von älterem Rotliegenden überhaupt oder noch bedeckt war, und zwar doch wohl schon in Verbindung mit Senkung einerseits und Aufwölbung und Abtragung andererseits von rotliegenden Gebilden. Das Oberrotliegende (ro) hat sich dann zwischen Ilmenau und Eisenach über die verschiedensten Glieder weg örtlich gebildet. Das gilt übrigens auch für das Tambacher Oberrotliegende, wenn es auch auf der Übersichtskarte kaum so aussieht. Es liegt nach W, S, O hin im Ausbiß auf der nächst älteren Stufe rm_2, aber bei Georgental auf Glimmerporphyrit des tiefen ru_1. Es müssen also unter dem Oberrotliegenden bis hierher ru_1 zum Teil, rm_1 und rm_2 entweder auskeilen oder von ro abgeschnitten werden, zum Teil greift Porphyr von rm_2 auf Porphyrit über, unter jenem muß dann rm_1 ausgehen.

Daß sich Oberrotliegendes überall bildete und wieder vor dem Zechstein abgetragen wurde, ist unwahrscheinlich. Wie weit es sich ausdehnte, sei dahingestellt. Ich bin für starke Beschränkung. Immerhin greift es wieder über Gebiete fort, die von älterem Rotliegenden frei waren. Ist nun die Auffassung der Lagerung des Oberrotliegenden, wie sie die Profile in den Erläuterungen zu Ilmenau bei Ilmenau und Elgersburg darstellen, richtig (besonders das Übergreifen auf Granit), so verlangt dann

die Überlegung, daß sich das Oberrotliegende hier ja nicht mit so steilem Fall nach dem jetzigen Gebirgsrande hin gebildet hat — bei Benshausen auf Blatt Mehlis ist es analog —, sondern doch auch im ganzen leidlich horizontal den Thüringer Wald, soweit es sich bildete, überzog, die Annahme einer Art Senke, in der das darunter befindliche ältere Rotliegende lag. Der Zechstein aber, der ja mit dem unterlagernden oberen Rotliegenden in der Lagerung stellenweise nahezu konform läuft, und der z. B. im Kleinen Thüringer Wald, bei Ilmenau, Schweina, Thal vom Rotliegenden sicher auf Grundgebirge übergeht, ohne eine Verwerfung zu verdecken, verlangt es erst recht. Ähnlich liegt es zwischen Tambach—Seligental bzw. Kleinschmalkalden—Georgental. Wenn also vor Ablagerung des Oberrotliegenden schon das ältere Rotliegende wenigstens stellenweise eingesenkt war, so wäre weiterhin anzunehmen, daß nach Bildung des Oberrotliegenden eine abermalige Einsenkung, besonders des mittleren Thüringer Waldes mit Abtragung anderer Gebiete folgte, die dieses Oberrotliegende — abgesehen hauptsächlich vom NW-Ende —, wenn es wieder weit übergegriffen hatte, und ebenso namentlich das tiefere Rotliegende, soweit es nicht schon geschehen, annähernd auf den heutigen Thüringer Wald und seine nächste Umgebung beschränkte, das Grundgebirge an und nahe dem Rande wieder unter dem Oberrotliegenden und noch weiter unter tieferem Rotliegenden freilegte. Frei war wohl zumeist schon das Ruhla—Brotteroder und besonders das Liebenstein—Kleinschmalkaldener Gebiet. Mit dieser letzten Senkung, die nicht identisch ist mit der Einmuldung des Rotliegenden in SW—NO-Richtung (Tambacher Mulde), die jener etwas vorausging, verknüpft sich wohl schon die Transgression des Zechsteins. Man müßte aus der hauptsächlichen Verbreitung des Rotliegenden folgern, daß die Senke annähernd NW—SO gerichtete Tiefenlinie hatte. Die Senkung wäre nicht durch Verwerfungen bedingt, außerhalb derer die Abtragung erfolgte, sondern durch eine Art Einmuldung. Die Möglichkeit des Vorgangs ist nicht direkt zu widerlegen. Ob aus der Diskordanz des Zechsteins zur rotliegenden Unterlage und aus der letzteren Lagerungsverhältnissen dabei sichere Belege für diese Auffassung oder besser für die andere, von mir als wahrscheinlich angenommene, einer primären Senke abzuleiten sind, erscheint mir freilich zweifelhaft. Die Diskordanz des Zech-

steins gegen das unterlagernde Rotliegende ist im einzelnen Aufschluß meist nicht unmittelbar zu beobachten, oft nicht einmal sicher zu erschließen, schon wegen mangelnder präziser Schichtung der Konglomerate; und bei eruptiver Unterlage geht es erst recht nicht. Aber diskordant liegt er im allgemeinen, er greift über alle Glieder fort, nicht bloß bei Ilmenau, sondern am ganzen Nordrand, aber auch am Südrand des Thüringer Waldes. Wahrscheinlich ist nur dabei, daß das Rotliegende unter ihm nicht wesentlich mehr über den jetzigen Thüringer Wald hinausging und unter ihm in einer Senke lag.

Daß man nun das durch die eventuell anzunehmende nachträgliche permische Einsenkung hervorgerufene Einfallen der Schichten nach dem inneren Thüringer Wald zu nicht klar erkennt, will noch nichts sagen. Einmal könnten ja die Schichten zuerst nach außen infolge Übergußschichtung geneigt gewesen sein und durch die Einmuldung horizontal gestellt worden sein, dann kann ein vorhanden gewesenes Einfallen nach der Muldenlinie zu bei der kretazisch tertiären Absenkung des Vorlandes und durch die Herabziehung der Schichtung an der Randflexur wieder zurückgegangen sein. Man kann ja wohl gelegentlich ein Einfallen vom Rande nach dem Inneren zu noch finden, aber quer durch den Thüringer Wald dürfte doch, wie es die Profile z. B. von Ilmenau zeigen, öfters im ganzen ebene oder flache Lagerung herrschen. Mit beobachteten Abweichungen ist nicht viel anzufangen, sie können sowohl Folge der jüngeren Störungen sein oder ebenso mit primären Bildungsunregelmäßigkeiten zusammenhängen.

Ist aber präziser Entscheid nicht möglich, so fragt es sich: ist man imstande, die doch immerhin mögliche interrotliegende allmähliche Einsenkung sonst irgendwie plausibel zu machen, wenn sie an Stelle Ihrer vermuteten Verwerfungsversenkung des Rotliegenden, die meines Erachtens nicht zutrifft, treten soll? Oder spricht doch irgend etwas mehr zugunsten der Annahme einer primären Senke? Mir scheint, daß jene Einsenkung sich in ihrem letzten Akt der Einmuldung in SW—NO-Richtung, die das Rotliegende zeigt, zeitlich nahe anschließen müßte, wenn dieser letztere Vorgang interpermisch (vorzechsteinig) in der Hauptsache ist, wie man aus dem gleichmäßigen Verlauf des Zechsteins am Rande schließen muß, der diskordant das Rot-

liegende überdeckt, und wie man aus der Lagerung des Zechsteins zum Rotliegenden östlich von Asbach ableiten muß. Aber sofort erhebt sich dabei eine Schwierigkeit. Bei Tambach liegt das Oberrotliegende so tief (1200 Fuß[1]), daß der Zechstein darauf nicht viel höher gelegen haben kann. Allseitig liegt das Rotliegende und lag der Zechstein höher. Nach SW hin liegt das Oberrotliegende viel höher (2300 Fuß); hier lag also der Zechstein auch höher. Weiter nach SW, im Ebertsgrund, liegt der Zechstein auf mittlerem Rotliegenden wieder tiefer (1200 bis 1300 Fuß), bei Seligental ebenso tief auf Glimmerschiefer (1100 bis 1200 Fuß). — Es muß also auch der Zechstein (in kretazisch-tertiärer Zeit) nebst Unterlage bei Tambach eingesenkt worden sein, so daß die rotliegende Einmuldung dort nicht nur von „Präzechsteinalter“ ist. Die Schwierigkeit, interpermische und junge (kretazisch-tertiäre) Störungen zu trennen und zu erkennen, ob außer diesen auch jene an gewissen Stellen schon gewirkt haben und wie sie wirkten, läßt manches unklar, verhindert präzise Entscheide. Ich muß zugeben, daß dies auch für die Auffassung der primären Senke gilt. Es erscheint unmöglich, die Geschichte der Bildung des Rotliegenden bis ins einzelne zu verfolgen. Die Unterlage im mittleren Thüringer Wald (Granit und stark gefaltete und veränderte paläozoische Schiefer) eignet sich nicht zur Kontrolle dessen, was von den Einsenkungen mit rotliegenden Gebilden solche schon vor Bildung letzterer waren, und was während deren Bildung etwa an Bodenbewegungen vor sich ging. Die übergreifende Lagerung jüngerer rotliegender Schichten über älteren entscheidet darüber allein nicht.

Fehlt aber ein präziser Beleg, daß gerade das unterste Rotliegende sich von Anfang an in einer Depression des Grundgebirges abgelagert hat, fehlen anderseits die festen Punkte, von denen ausgehend zu entscheiden wäre, ob die Senke, in der das Rotliegende unter dem Zechstein lag, nach Ablagerung jenes Rotliegenden gebildet worden ist, so muß es streng genommen heißen: non liquet. Aber es liegen doch gewisse Anhalte für die primäre Natur der Senke vor, die von der Lagerungsform geliefert werden; freilich handelt es sich dabei nicht darum, was ist möglich oder unmöglich, sondern

[1]) Die geologischen Karten haben noch Fußbezeichnung.

was ist wahrscheinlich. Wenn ich mir ein Profil vom Weinberg bei Auwallenburg über Kleinschmalkalden — Ebersbacher Heide — Heuberg — Regenberg — Finsterbergen — Georgental betrachte, in dem der obere Teil des unteren Rotliegenden und das mittlere Rotliegende unter dem Oberrotliegenden nach Georgental hin allmählich auskeilen oder an ihm abstoßen, in dem die Verhältnisse am Pfefferberg schon anzudeuten scheinen — was das Übergreifen des mittleren Rotliegenden am Südrand der Wintersteiner Bucht und sein Fehlen weiter westlich zu stützen scheint —, daß im Brotteroder Gebiet mittleres und zum Teil unteres Rotliegendes primär spärlich oder vielleicht gar nicht vorhanden waren, und mir dann die Lage des Zechsteins vergegenwärtige, die er nach seiner Bildung einnahm, vorausgesetzt, daß er leidlich horizontal über das Gebirge wegging, und wie tief das Rotliegende unter ihm in die Unterlage eintauchte, so komme ich von einer primären Senke nicht leicht ab. Aber die heute beobachtbaren Verhältnisse lassen auch die Möglichkeit zu, daß rotliegende Störungen, verbunden mit Abtragungen und Übergreifen von rotliegenden Gebilden, und dann hinzugekommene junge Störungen die jetzigen Lagerungsverhältnisse erzeugt haben können.

So sind es im ganzen mehr Auffassung, berechtigte Deutung verschiedener Erscheinungen im Sinne primärer Senke, der Gesamteindruck — der auch die nachträgliche Herausbildung der Senke bis zum Zechsteinbeginn als zu kompliziert ablehnt —, die mich zu meiner Meinung bestimmen, als das Vorhandensein unzweideutiger Beweise, mehr Wahrscheinlichkeit des einen als Unmöglichkeit des anderen“ (soweit Herr Geh. Bergrat Dr. SCHEIBE).

Ich möchte die Ergebnisse in einigen Leitsätzen zusammenfassen:

1. Zu Beginn des Zechsteins erfüllte das Rotliegende im südöstlichen Thüringer Walde eine Grundgebirgsdepression, die nicht wesentlich nach NO und SW über den jetzigen Thüringer Wald hinausreichte, und deren Tiefenlinie etwa die Richtung des heutigen Thüringer Waldes hatte.

2. Aber schon bei der Ablagerung des Oberrotliegenden, nicht erst zu Beginn des Zechsteins muß hier eine vom älteren Rotliegenden erfüllte Grundgebirgssenke bestanden haben.

3. Daß schon zu Beginn des Rotliegenden hier eine Eintiefung des Grundgebirges vorhanden war, in der die Sedimente und vulkanischen Ergüsse des Unter- und Mittelrotliegenden Platz fanden, ist wahrscheinlich; doch stimmte deren ursprüngliche Begrenzung keinesfalls mit jener im Oberrotliegenden und Zechstein überein, sondern sie würde die spätere Begrenzung erst durch Gebirgsbewegungen vor und nach der Bildung des Oberrotliegenden erhalten haben. Es ist aber auch möglich, daß zu Beginn des Rotliegenden überhaupt keine größere, im wesentlichen auf das Gebiet des heutigen Thüringer Waldes beschränkte, Grundgebirgssenke vorhanden war, vielmehr daß die Rotliegendsedimente und -laven sich über ein Hügelland ausbreiteten, das sich weit über das Gebiet des Thüringer Waldes hinaus erstreckte. Wenigstens ist diese Annahme nicht streng zu widerlegen. Die zu Beginn des Oberrotliegenden und Zechsteins vorhandene Grundgebirgssenke müßte sich dann erst vor Ablagerung des Oberrotliegenden allmählich gebildet haben, zwar nicht durch einen Einbruch an Spalten, wohl aber durch eine Art Einmuldung. Nach intensiver Abtragung der höchsten Teile und Ausbreitung des Oberrotliegenden auf der Abtragungsfläche hätte dann eine abermalige Einsenkung, besonders des mittleren Thüringer Waldes, erfolgen müssen, die zusammen mit einer neuen Abtragung das Rotliegende, soweit es noch nicht geschehen, annähernd auf den heutigen Thüringer Wald und seine nächste Umgebung beschränkte und das Grundgebirge am Rande unter dem Oberrotliegenden und noch weiter unten tieferem Rotliegenden freilegte.

4. In jedem Falle sind die unter dem übergreifenden Oberrotliegenden und Zechstein vorhandenen heutigen Verbreitungsgrenzen des älteren, bzw. oberen Rotliegenden nicht überall die ursprünglichen Ablagerungsgrenzen, sondern vielfach permische Denudationsgrenzen. Die ursprüngliche horizontale Verbreitung, insbesondere des älteren Rotliegenden, läßt sich nicht mehr mit Sicherheit feststellen.

5. Im Gebiete von Liebenstein—Ruhla kam vielleicht nur wenig oder stellenweise gar kein unteres und mittleres Rotliegendes zur Ablagerung. Hier hat also am Ende schon im frühen Rotliegenden ein Grundgebirgsrücken existiert, der die Umgebung überragte.

Wir hörten oben (S. 49), wie von J. Walther die Landschaft der Rotliegendzeit charakterisiert wurde: Ein bei Eisenach ziem-

lich flaches, bei Ruhla mehrere 100 m aufsteigendes, dann zwischen Tambach und Ilmenau wieder niedriges Schiefergebirge[1]), aus dem die Granitberge in flachen Kuppen hervorragen. Wir wissen nun, daß zu Beginn des Zechsteins die Grundgebirgsoberfläche das geschilderte Relief dargeboten hat, wenn sie auch nicht mehr die Erdoberfläche bildete, sondern schon durch das Rotliegende eingeebnet war. Ob im SO die Granitberge als flache Kuppen aufragten, darüber kann ich mir kein Urteil bilden. Daß aber zu Beginn des Rotliegenden, als noch das Grundgebirge überall die Erdoberfläche bildete, die Landschaft im Thüringer Walde schon die von J. WALTHER angegebenen Grundzüge aufwies, muß als hypothetisch gelten. Es vollzogen sich im Laufe der Rotliegendperiode öfters Verschiebungen innerhalb der Erdrinde, und durch solche Lageänderungen kann auch die Grundgebirgsoberfläche erst allmählich ihre spätere, von der anfänglichen abweichende Form erhalten haben.

Wir gehen nun zu Ostthüringen allein über. Außerordentlich interessant sind die Ausführungen LIEBES in seiner „Übersicht über den Schichtenaufbau Ostthüringens".[2]) „Nachdem am Ende der Kulmzeit die gewaltige, vom Erzgebirge ausgehende, nordwestlich gerichtete Zusammenschiebung das ganze Gebiet in Sättel und Mulden zusammengefaltet hatte, muß, wie die künstlichen und natürlichen Aufschlüsse lehren, der Boden außerordentlich uneben geworden sein, so daß beträchtliche Höhen mit jähen Tiefen rasch wechselten und so der Ablagerung der neuen Sedimente die verschiedensten Bedingungen boten. So hat das Oberrotliegende (die älteren Stufen fehlen in Ostthüringen im allgemeinen; siehe indes unten bei Blatt Gera: der Verf.) bei fast horizontaler und fast ungestörter Lagerung an dem einen Punkte 135 und an einem anderen, $1^1/_2$ km davon entfernten Punkte über 1000 Fuß Mächtigkeit (Gera)[3]); an einer anderen Stelle wurde es mit 1100 Fuß noch nicht durchsunken, und doch erheben sich, 4—7 km entfernt, südöstlich, nordöstlich und nordwestlich davon, also im Halbkreis

[1]) Herr Geh. Bergrat Dr. SCHEIBE macht mich darauf aufmerksam, daß zwischen Tambach und Ilmenau ein „Schiefergebirge" unwahrscheinlich ist. Überall, wo die Unterlage des Rotliegenden in jenem Gebirgsteil beobachtet werden kann, findet man Granit.

[2]) Hauptverz. 1884.

[3]) Über 10° Neigung der unteren Grenze.

darum, die Grauwacken des Kulm ohne Rotliegendes zutage.[1]) Auch später noch, zur Zeit als die Tone und Gipse des oberen Zechsteins sich niederschlugen, existierten noch gewaltige muldenförmige Vertiefungen. Denn die verschiedenen Bohrungen der Saline Heinrichshall zeigen uns dort die schon erwähnte große Mächtigkeit des jüngeren Zechsteins, unweit deren in 2½ km Entfernung (Köstritz) der Kulm ohne Zechsteinbedeckung zutage steht. Auch in dem ältesten Glied der Buntsandsteinformation treffen wir auf in ehemaligen Vertiefungen abgelagerte mächtige schottrige Sandsteine (Berga) und Gerölle (Mosen bei Weida). In der jüngeren Karbonzeit schon und in der Zeit des Rotliegenden sind die Sattelrücken der erzgebirgischen Faltungen durch kräftige Zerstörung und Abschwemmung zu Berg- und Klippenreihen umgearbeitet worden, wie dies die Lagerungsverhältnisse des Zechsteins auf der ganzen langen Strecke seines Ausstreichens beweisen. Derselbe ist da, wo er nicht dem Rotliegenden, sondern dem Kulm aufliegt, stets horizontal und sehr wenig gestört zwischen die durch seine Schichten hindurchragenden Grauwackenklippen eingelagert" (S. 66 u. 67). Die Mächtigkeit des Rotliegenden ist in Ostthüringen nach ZIMMERMANN „eine außerordentlich verschiedene und sinkt bis auf wenige Meter (bei Pößneck) herab".[2])

Wichtige Einzelangaben dazu finden sich in den Erläuterungen zu den Blättern der preußisch-thüringischen geologischen Spezialkarte. So bezeichnet es für Blatt Schwarzburg westlich Saalfeld LORETZ als bemerkenswert, „daß Punkte, wo der untere Zechstein so gut wie fehlt, in beträchtlicher Nähe von solchen liegen können, wo er sehr gut entwickelt ist". „Es finden sich nicht weit davon Stellen, wo die rauhe Wacke auf dem Schiefer selbst ruht."[3])

Auf Blatt Saalfeld stellt die Zechsteinformation ein 3—4 km breites, zuletzt aber nur noch wenige Meter breites Band dar, „durch welches entlang des Könitzer Grundes verschiedene kleine Grauwackeninseln klippenartig emporragen". Das Zechsteinkonglomerat ist auf diesem Blatte zuweilen vorhanden.

[1]) Mindestens 3—5° Neigung der unteren Grenze; Verwerfungen scheinen nach der Darstellung des Autors an den Niveauunterschieden nicht beteiligt zu sein.

[2]) ZIMMERMANN, Hauptverz. 1905, S. 88.

[3]) LORETZ, Hauptverz. 1892, b), S. 32.

Das Rotliegende fehlt hier, abgesehen von zwei geringfügigen Vorkommnissen, auf eine große Anzahl von Meilen in nordöstlicher Richtung unter dem ausstreichenden Zechstein.[1]) Auf Blatt Ziegenrück östlich Saalfeld fehlt das auch sonst in Ostthüringen viel ausstreichende Rotliegende ganz, „d. h., es keilt sich im Liegenden des Zechsteins weiter nordwestlich unter Tage aus"; der Zechstein lagert unmittelbar auf Kulm. „Nur an einer Stelle in der Schlucht am Fuß der Altenburg, südlich vom Bahnhof Pößneck, in einer ehemaligen tieferen Einsenkung zwischen Culmklippen (von mir gesperrt: der Verf.), ferner auf dem breiten Bergrücken nörlich bei Wernburg und jenseits des Tälchen südöstlich davon tritt Rotliegendes auf."[2])

In den Erläuterungen zu Blatt Neustadt a. d. Orla äußert sich Liebe ähnlich wie in der Übersicht über den Schichtenbau Ostthüringens: „In der langen Festlandszeit vorher (nämlich vor Beginn des Zechsteins) waren die Lager des oberen Kulm nicht nur in Sätteln, teils unter Brüchen, gehoben, sondern vielfach auch durch Atmosphärilien wieder zerstört und weggeführt worden, so daß ein klippenreiches Berg- und Hügelland vorlag, welches nun bis auf die Südostecke der Sektion vom Zechsteinmeere in der Weise bedeckt wurde, daß allenthalben entlang der Küste eine Menge von Klippen unter dem Wasser aufragten, wohl auch über den Spiegel des Meeres emportraten. Zwischen diese Klippen hinein schlugen sich nun die Mergel und Kalke des Zechsteins nieder, und zwar, wie sich das von selbst versteht, ziemlich wagrecht und vollkommen diskordant."[3]) „Der untere Zechstein bildet ein breites, vielfach ausgeschnittenes, an über 100 Punkten (von mir gesperrt: der Verf.) durch inselartig auftauchende Grauwackenklippen unterbrochenes Band (a. a. O., S. 8).

Auch auf Blatt Triptis taucht nach Liebe der obere Kulm entlang seiner ganzen Nordwestgrenze an vielen Orten inselartig aus den jüngeren Zechsteinlagern empor.[4]) Dabei fehlt hier und auf Blatt Neustadt das Zechsteinkonglomerat. Ein Kalk von sehr feinem Korn hat sich zwischen den Klippen auf Blatt Neustadt niedergeschlagen. „Nur die untersten Partien,

---

[1]) Liebe, Hauptverz. 1888, S. 29.

[2]) Liebe und Zimmermann, Hauptverz. 1888, S. 8 u. 9.

[3]) Liebe, Hauptverz. 1881, a), S. 5 u. 6.

[4]) Hauptverz. 1881, b), S. 6.

welche unmittelbar dem Kulm auflagern, schließen Bröckchen von Grauwacke und Schiefer ein, sonst enthält das Gestein nirgends fremdartige Bestandteile."[1]) Also hat wohl das Zechsteinmeer keinen Einfluß auf die Oberflächengestaltung des Grundgebirges ausgeübt. LIEBE und ZIMMERMANN nehmen allerdings an, daß der Brandungsschutt an solchen Stellen von Strömungen fortgeführt wurde. Das Zechsteinkonglomerat „fehlt nur da, wo ehedem zu Beginn der Zechsteinzeit höhere Felsklippen über dem Meeresboden sich erhoben, von denen die Strömungen alle Sedimente immer wieder mitfortnahmen, bis endlich Muschelbänke sich dort ansiedelten und den Boden für Gesteinsabsätze empfänglich machten".[2])

In den Erläuterungen zu Blatt Weida[3]) heißt es S. 47: „In der späten Steinkohlen- und in der Rotliegendzeit wurden die durch die Faltung zu einem Gebirge aufgetürmten Schichten unter dem Einfluß festländischer Verwitterung erniedrigt und mehr oder minder tief abgetragen. Die nun sich bildenden Sedimente lagerten sich übergreifend in horizontalen oder nur sanft geneigten Schichten ab." Die Auflagerungsfläche des Rotliegenden ist „zwar keine Ebene, aber nähert sich ihr doch einigermaßen. Über diese Ebene, die von 960 Fuß . . . sehr flach nord- und nordostwärts bis auf etwa 600 Fuß . . . abfällt, erheben sich einzelne Hügel des Kulms und bewirken, in Verbindung mit der Erosion, die zum Teil etwas wunderlich gestalteten gegenwärtigen Grenzen der einzelnen Rotliegendschollen" (S. 56). Die außerordentlich geringfügige Entwicklung der Formation auf Blatt Weida wird der vom nördlichen Nachbarblatt Gera gegenübergestellt, wo die Mächtigkeit bis über 1000 Fuß beträgt. „Die außerordentlich geringfügige Entwicklung der Formation auf Blatt Weida darf nicht befremden; es ist eben hier noch eine Küstenbildung, während die schon auf dem nördlichen Nachbarblatt Gera bis über 1000 Fuß betragende Mächtigkeit auf tieferes Meer hinweist" (S. 58). Hier auf Sektion Gera bildet der Kulm „mit seinen Falten den Rand eines Beckens, der südlich, bei Lübschwitz, in westlicher Richtung verläuft und sodann sich nach NO und zuletzt nach N hinaufkrümmt. Dieses Becken ist ausgefüllt mit Rotliegendem,

[1]) LIEBE, Hauptverz. 1881, a), S. 6.
[2]) Hauptverz. 1888, S. 21.
[3]) LIEBE und ZIMMERMANN, Hauptverz. 1893.

Zechstein und Buntsandstein."[1]) Das Rotliegende hat sich ganz ungleichförmig „zwischen die Falten des oberen Kulms eingebettet". Seine Mächtigkeit beträgt in der Mitte nördlich von Gera bei Cuba mehr als 1150 Fuß (360,93 m).[2]) Das untere Rotliegende ist auf der Sektion Gera nur durch Bohrlöcher aufgeschlossen und steht nirgends zutage an (S. 11). Das anstehende Rotliegende ist jüngeres, das das ältere übergreifend bedeckt. Die Rotliegendbildungen der Blätter Gera und Weida gehören zu dem sogenannten „Thüringischen Becken" (siehe Erläuterungen von Blatt Waltersdorf).

Die Auflagerungsfläche des Zechsteins auf Kambrium ist auf Blatt Waltersdorf (südöstlich Weida) „keine Ebene, aber auch nicht einmal eine einigermaßen glatte Fläche; vielmehr ist sie im großen wie auch im kleineren Maßstabe flachwellig bis uneben, wenn auch anscheinend nicht so klippenreich wie im Gebiet der Blätter Weida, Triptis, Neustadt usw.".[3]) Die Konglomerate und groben Sandsteine, die sich neben sandigen Dolomiten und neben Letten an der Basis finden, enthalten reichlich Brocken und scharfkantige Splitter von kambrischen Schiefern und Gangquarzen, also von Gesteinen des Untergrundes; es hat aber auch Zufuhr von Material aus weiter Ferne stattgefunden (a. a. O., S. 44). Die Auflagerungsfläche des Rotliegenden auf Blatt Waltersdorf wird uns später noch beschäftigen.

Von der Hochebene des Frankenwaldes, wo die Decke der jüngeren paläozoischen Sedimente ganz verschwunden ist und die gefalteten paläozoischen Schiefer und Grauwacken ausschließlich die Erdoberfläche bilden, sagt J. Walther: „Die oberkarbonische Abtragungsebene erscheint uns hier noch in ihren uralten Landschaftsformen. In flachen Wellen steigt sie auf und ab wie die Oberfläche eines bewegten Meeres."[4]) Aber nach E. Philippi ist diese Hochfläche mit der permischen oder präpermischen Abtragungsfläche nicht identisch, sondern liegt viel tiefer als diese und ist in viel späterer Zeit angelegt worden (präoligozänen Alters).[5])

[1]) Liebe, Hauptverz. 1878, b), S. 1.

[2]) Liebe, a. a. O., S. 11.

[3]) Liebe und Zimmermann, Hauptverz. 1893, b), S. 43.

[4]) Hauptverz. 1910, S. 239.

[5]) E. Philippi, Hauptverz. 1910, S. 311ff.; siehe auch Meineke, Hauptverz. 1910, S. 40 des Dissertationsabdruckes.

Zusammenfassung des Ergebnisses für Thüringen.

Das Rotliegendgebiet des Thüringer Waldes stellte am Ende des Rotliegenden eine Einsenkung des Grundgebirges dar, die mit dem Abtragungsschutt dieses Gebirges und mit vulkanischen Massen erfüllt war. Die Auffüllung erreichte bedeutende Größe, so zwischen Kleinschmalkalden und Tambach etwa 2000 m. Der Boden der Einsenkung zeigte sowohl im Innern als an den Rändern erhebliche Unebenheiten. Ein zweites kleineres Becken befand sich in der Gegend von Gera („ostthüringisches Becken"). Das Rotliegende allein erfüllt es in der Mitte in einer Mächtigkeit von 360 m; es nehmen aber auch noch Zechstein und Buntsandstein an der Auffüllung teil. Es muß also auch beträchtliche Tiefe gehabt haben. Zwischen diesen beiden Einsenkungen erhob sich ein ausgedehntes „klippenreiches Berg- und Hügelland", dem der Nordrand und jedenfalls auch ein großer Teil vom Inneren des ostthüringischen Schiefergebirges angehörte. Unweit östlich der ostthüringischen dehnte sich eine viel größere, mit Karbon und Rotliegendem erfüllte Grundgebirgssenke, das sogenannte erzgebirgische Becken, das uns noch eingehend beschäftigen wird, aus. Es ist von dem ostthüringischen ebenfalls durch einen Grundgebirgsrücken getrennt, der unmittelbar von Zechstein oder Buntsandstein bedeckt ist. Am Südrande des ostthüringischen Schiefergebirges kam das Rotliegende von Stockheim und Rothenkirchen zur Ablagerung. Dazwischen greift bei Scheibe Zechstein oder Buntsandstein auf das Grundgebirge über. So zeigte offenbar zu Beginn des Zechsteins die Grundgebirgsoberfläche in Thüringen ein unebenes Relief. Zwischen tiefen Senken erhoben sich ausgedehnte Grundgebirgsrücken.

Es fragt sich aber, ob dieses Relief, das wir am Ende des Rotliegenden vorfinden, schon zu dessen Beginn in den Grundzügen vorhanden war oder ob es im Laufe dieser Periode allmählich entstanden ist. Das Übergreifen und Auskeilen des Oberrotliegenden östlich von Ilmenau und Gehren im Thüringer Walde, das Übergreifen des Oberrotliegenden über das untere auf Grundgebirge am Rande des ostthüringischen Beckens bezeugt, daß schon bei Absatz des Oberrotliegenden hier zwei Grundgebirgssenken bestanden, die durch einen Rücken getrennt waren. Daß letzterer im älteren Rotliegenden als solcher noch nicht bestand, sondern daß sich auf der Fläche des späteren

Rückens ebenfalls älteres Rotliegendes in ebenso großer Mächtigkeit ablagerte, das dann nachher der Zerstörung anheimfiel, halte ich für sehr unwahrscheinlich. Man müßte dann doch auf der langen Zwischenstrecke da und dort auch Reste von älterem Rotliegenden antreffen. Über das Ablagerungsgebiet des älteren Rotliegenden im Thüringer Walde und seine ursprüngliche Begrenzung wissen wir allerdings wenig Sicheres, aber sehr wahrscheinlich war es von dem ostthüringischen Becken schon früh durch einen Rücken getrennt.

Das erzgebirgische Becken bestand schon im älteren Rotliegenden, ja schon in der Zeit des Oberkarbons. Der Grundgebirgsrücken zwischen diesem und dem ostthüringischen Becken muß schon beim Absatz des Oberrotliegenden vorhanden gewesen sein, wie aus dem stufenweisen Transgredieren der Schichten des Oberrotliegenden am Westrande des erzgebirgischen Beckens hervorgeht. Das Steinkohlenflöz bei Stockheim kann man sich auch nur in einem Becken des Grundgebirges abgelagert denken, das nach N hin irgendwie begrenzt war.

Es erscheint also die Auffassung wohl begründet, daß die Oberfläche des Grundgebirges in Thüringen schon zu Beginn des Rotliegenden die (abgesehen von einzelnen Teilen wie vom Thüringer Walde) gleichen Hauptzüge aufwies wie später, daß sie überall schon von Anfang an mannigfachen Wechsel von Berg und Tal, d. h. festländisches Gepräge zeigte. Dieses Bergland bestand während der ganzen Rotliegendperiode und wurde durch die Sedimente und Ergüsse des Rotliegenden eingeebnet und dann in der Zeit des Zechsteins fast ganz vom Meere überflutet. Dabei hat stellenweise die Brandung den Fels zu zerstören versucht, aber die Wirkung war nicht sehr bedeutend und nicht stark genug, um den festländischen Charakter zu verwischen. So fand im allgemeinen ein ruhiges Versinken unter den Meeresspiegel statt, ohne wesentliche Umformung der Oberfläche.

Fichtelgebirge und ostbayrisches Grenzgebirge.

Vom Südrande des Thüringer Waldes an längs des Ostrandes des Fichtelgebirges und ostbayrischen Grenzgebirges bis nach Regensburg taucht das Rotliegende von Zeit zu Zeit in meist wenig mächtigen und wenig ausgedehnten Schollen empor. Dazu gehören u. a. die Vorkommen von Stockheim und Umgebung am Südostrande des Thüringer Waldes östlich Sonne-

berg[1]), von Weidenberg östlich Bayreuth, von Erbendorf an der Fichtelnaab südöstlich Bayreuth (hier auch Karbon), von Weiden an der Naab, vom Naabgebirge (westl. Naabburg), vom Bodenwöhrer Becken (Bodenwöhr nordöstlich vom Knie des Regens) und von Donaustauf östlich Regensburg a. d. Donau.[2]) GÜMBEL bezeichnet sie als „in kleinen Randeinbuchtungen abgesetzte Sedimente". Seine Darstellung der Lagerung ist indes selten so eingehend, daß sich die ursprünglichen Ablagerungsverhältnisse, insbesondere die Gestalt der Ablagerungsräume, ersehen lassen. Wohl wird die Lagerung meist als muldenförmig bezeichnet, aber es bleibt unbestimmt, ob es sich um ursprüngliche muldenförmige Ablagerung oder eine spätere Verbiegung handelt. Bei großem Neigungswinkel (z. B. über 20°) wird man fast immer das letztere annehmen müssen. Wenn von einem „Becken" die Rede ist, wird man an Ausfüllung einer primären Einsenkung des Grundgebirges denken. Steile Schichtstellung ist nach GÜMBEL sehr häufig, und die Erkennung der ursprünglichen Lagerung wird dadurch sehr erschwert.

Die Lagerung des Stockheimer Rotliegenden ist sehr gestört. Nach LORETZ ist die Mächtigkeit des Rotliegenden recht groß. Für die Gegend von Neuhaus westlich Stockheim beläuft sie sich „bei Annahme eines mittleren Einfallens der Schichten von 20° nach SW auf beiläufig 700 m; hiervon mögen etwa 500 m auf die untere und (höchstens) 200 m auf die obere Abteilung entfallen".[3]) Dabei ist zu berücksichtigen, daß LORETZ das Steinkohlenlager von Stockheim nicht zum Rotliegenden, sondern noch zum allerobersten Karbon stellt. „Bei Stockheim beschränkt sich das Rotliegende nicht auf eine bloße Anlagerung an den Gebirgsrand, sondern dringt mehrfach von hier aus gegen das innere Gebirge «beckenförmig» vor".[4]) In dem Stockheimer Vorkommen haben wir u. a. vorhin die etwas nördlicher gelegene „Rothenkirchener Mulde" einbegriffen. Von ihr schreibt GÜMBEL: „Die ziemlich unregelmäßig muldenförmige Schichtenneigung der Gebilde unserer sogenannten

---

[1]) Die tiefsten Schichten, von GÜMBEL wegen der Steinkohlenführung zum Karbon gerechnet, gehören zum Unterrotliegenden; siehe LEPSIUS, Hauptverz. 1910, S. 263.

[2]) GÜMBEL, Hauptverz. 1879, S. 665ff.

[3]) H. LORETZ, Nachtrag 1885, S. 22.

[4]) GÜMBEL, a. a. O., S. 577.

Rothenkirchener Mulde beweist, daß hier schon ursprünglich eine bedeutende Eintiefung im Kulmgebiet vorhanden war, in welche vom Rande her die das Rotliegende bildenden Fluten eingedrungen sind und mächtige Ablagerungen zu erzeugen vermochten" (S. 577). Ähnlich wie bei Rothenkirchen bildet die Kulm-Rotliegendgrenze auch westlich davon bei Heinersdorf eine nach Nordwesten vorspringende Bucht. In den zwei Buchten von Heinersdorf und Rothenkirchen greift die höhere Stufe über die tiefere auf die Kulmgrauwacken über (nach LORETZ ru über Karbon). „Diese unmittelbare Auflagerung der zum unteren Rotliegenden gezogenen Schichten auf das Grundgebirge, an Stellen, wo die Kohlenschichten und deren Liegendes fehlen", deutet „wohl auf Bewegungen oder Senkungen, welche in bestimmter Richtung erfolgten und neue Teile der Grauwackenunterlage für die Auflagerung der Sedimente zugänglich machten. Daneben kann man an Unebenheiten des Grauwackenbodens denken (von mir gesperrt: der Verf.), in der Art, daß nach Ausebnung der Vertiefungen mit den älteren Sedimenten die folgenden Sedimente zum Teil auf diese, zum Teil auf frühere vorragende Teile des Grauwackenbodens zu liegen kamen."[1]) Durch dieses Übergreifen auf Grundgebirge scheint mir angedeutet, daß hier schon im älteren Rotliegenden eine Vertiefung im Grundgebirge vorhanden war, in der sich das Steinkohlenflöz gebildet hat. Diese Vertiefung dürfte bis an das Ende des Rotliegenden bestanden haben. Daß noch zu Beginn des Zechsteins, ja des Buntsandsteins, eine Grundgebirgsbarre sich erhob, die das Stockheim—Rothenkirchener Rotliegendbecken von dem nordwestlich gelegenen Rotliegendgebiet des Thüringer Waldes trennte, beweist das Übergreifen des Zechsteins und Buntsandsteins auf Kambrium bei SCHEIBE.

Die Ablagerungen von Erbendorf und Weiden werden von GÜMBEL als beckenförmig bezeichnet.[2]) Speziell das Rotliegende von Weiden erfüllt die große, durch den gewaltigen Gebirgsvorsprung zwischen Leuchtenberg und Hirschau gebildete Bucht.[3]) Das allgemeine Streichen der Schichten des Rotliegenden ist darin „entsprechend einer Muldenausfüllung unter

[1]) H. LORETZ, Nachtrag 1885, S. 20.

[2]) GÜMBEL, a. a. O., S. 666.

[3]) GÜMBEL, a. a. O., S. 674 u. 675.

nachträglicher Hebung der Ränder (von mir gesperrt: der der Verf.), mit letzteren gleichlaufend und mit einer Senkung von diesen weg gegen die Mitte der Bucht."[1]) Daß die Lagerung des Rotliegenden nicht ungestört ist, ergibt sich daraus, daß seine Schichten vom Urgebirgsrande weg mit Neigungen von 40—70° fallen. Wichtig ist die Hervorhebung der Transgression jüngerer Schichten auf das Grundgebirge in der südöstlichen Ecke der Bucht: „Gegen die südöstliche Ecke der Bucht schneiden die Gebirgsschichten schief am Urgebirgsrande ab, so daß je weiter westlich, desto jüngere Schichten des Rotliegenden sich an den Gneis anlehnen." Danach dürfte das Weidener Rotliegende sich an geneigtes Grundgebirge angelagert haben. Nach der geologischen Karte (Blatt Erbendorf der bayr. geol. Karte) transgrediert auch südlich Hirschau das Oberrotliegende auf Gneis. Vom Rotliegenden bei Donaustauf endlich schreibt GÜMBEL: „Auch hier erfüllt sie" (nämlich die „Bildung des Rotliegenden") „eine muldenförmige Bucht im Urgebirge."

Obwohl die angeführten Tatsachen durchaus kein klares Bild der ursprünglichen Lagerungsverhältnisse des Rotliegenden ergeben, so besteht doch in einigen Fällen eine geringere oder größere Wahrscheinlichkeit, daß das Rotliegende von Anfang an in einer Senke des Grundgebirges zum Absatz gelangt ist. Genaueres über die Lage und Beschaffenheit solcher Senken erfahren wir aber nicht. Das ist bei der großen Verbreitung des Rotliegenden und dem häufigen Ausstreichen der Auflagerungsfläche sehr bedauerlich. Eine neuere Darstellung, die die ursprünglichen Lagerungsverhältnisse mehr berücksichtigt als GÜMBEL, stand mir leider nicht zu Gebote. LEPSIUS nimmt an, daß das Rotliegende auf der Südwestseite des Fichtelgebirges und ostbayrischen Grenzgebirges in Einbruchsbecken zur Ablagerung kam. Diese sollen durch Abbrüche an den sogenannten „fränkischen Linien" entstanden sein. In solchen Gräben sollen sich die Denudationsmaterialien des auf der NO-Seite anstehenden Grundgebirges gesammelt haben.[2])

Harz.

Nur am Rande des Gebirges finden wir permische Sedimente. Größeren Anteil an der Erdoberfläche erlangen sie

[1]) GÜMBEL, a. a. O., S. 675.
[2]) LEPSIUS, Hauptverz. 1910, S. 448.

im südöstlichen Vorlande, im Gebiete der großen Mansfelder Mulde, die hauptsächlich von Karbon und Rotliegendem in großer Mächtigkeit gebildet wird, aber auch noch jüngere Schichten bis zum Muschelkalk einschließlich enthält. Die sich daran anschließende Hallesche Mulde baut sich ausschließlich aus Karbon und Rotliegendem auf. Die letztere besitzt eine ungefähr in erzgebirgischer Richtung verlaufende Achse, während die Mansfelder Mulde in herzynischer Richtung streicht.

Die verwickelten Lagerungsverhältnisse ergeben sich aus der geologischen Entwicklung der Gegend. In der Epoche der „Saarbrücker Schichten" wurden hier noch keine Sedimente auf dem Schiefergebirge abgelagert. Erst in der Zeit der „Ottweiler Schichten" erfolgten Absätze am SO-Rande des heutigen Harzes. In über 1000 m Gesamtmächtigkeit wurden Konglomerate, Sandsteine und Tone, zum Teil flözführend, aufgeschüttet, und im unteren Rotliegenden ergossen sich Porphyrlaven darüber. Im Mittelrotliegenden wurden diese Gebilde zu Sätteln und Mulden gefaltet. In dieser Zeit entstand die variskisch gerichtete Hallesche Mulde. Infolge der mit der Faltung verbundenen Hebung fand dann eine teilweise Zerstörung des Karbons und Unterrotliegenden durch Abtragung statt, und über das Abtragungsgebiet breitete sich dann nach wieder eingetretener Senkung das Oberrotliegende diskordant zu den älteren Schichten aus, und darüber lagerten sich später Zechstein und Trias. Nach Schluß der Kreidezeit und vor Beginn des Oligozäns (nach LASPEYRES) wurden die Schichten aufs neue gefaltet, aber nun erhielten die Falten herzynisches Streichen (SO—NW). So entstand die jüngere Mansfelder Mulde.[1]) Diese wiederholten Störungen verwirrten das Bild der ursprünglichen Lagerungsverhältnisse des Karbons und Perms. Doch läßt sich nach MEINEKE feststellen, daß schon zu Beginn der Oberrotliegendzeit am Ostrande des heutigen Harzes eine Depression bestand. Das Schwanken des Oberrotliegenden in der Verbreitung und Mächtigkeit „läßt sich am einfachsten durch die Annahme erklären, daß das Mansfelder Oberrotliegende kontinentale Senken oder

[1]) LASPEYRES, Hauptverz. 1872 u. 1875; SIEGERT, Hauptverz. 1908; SCUPIN, Nachtrag 1913, S. 1.

Wannen erfüllt und die zur Zeit seiner Bildung vorhandenen Unebenheiten des Untergrundes ausgeglichen hat".[1]) Nur ist die Auflagerungsfläche des Oberrotliegenden nicht die ursprüngliche Abtragungsfläche des Grundgebirges (ausschließlich Grundgebirgsoberfläche), sondern eine meist höher liegende jüngere Abtragungsfläche, die sich auch über das ältere Rotliegende hinzieht.[2]) Daß im Oberkarbon und älteren Rotliegenden auch schon eine Depression des Grundgebirges in der Mansfelder Gegend bestand, die den Abtragungsschutt aus dieser Zeit aufnahm, läßt sich vermuten, aber wohl kaum mehr streng beweisen.

Die Ablagerungen des unteren Rotliegenden erfüllten nach F. Beyschlag und K. v. Fritzsch die „Rothesütter Grauwackenbucht, indem sie sich teils auf die kohleführenden Ablagerungen, teils direkt auf die Grauwacke und den Tonschiefer ablagerten; sie erfüllen die wahrscheinlich zu gleicher Zeit ausgebreitete Ballenstedter (oder Opperode—Meisdorfer) Bucht".[3])

Von den seit alter Zeit als typisches Rotliegendes betrachteten und auch auf der preußischen geologischen Spezialkarte als solches aufgefaßten Gesteinen der Mansfelder Gegend gehört nach den Ergebnissen neuerer Tiefbohrungen nur der alleroberste Teil der Schichtenfolge dem Rotliegenden, und zwar hauptsächlich dessen oberer Abteilung zu, alles übrige, auch das „ru" der geologischen Spezialkarte, muß dem Oberkarbon zugerechnet werden.[4])

Ich habe nun in den Erläuterungen zu den geologischen Spezialkarten der Mansfelder Gegend nach Angaben geforscht, die auf die Beschaffenheit der Ablagerungsräume der ältesten auf dem gefalteten Schiefergebirge abgelagerten Sedimente Licht werfen könnten, obwohl mir bekannt ist, daß die geologische Aufnahme der Gegend teilweise auf unrichtiger Grundlage erfolgte. Ich überlasse es dem genaueren Kenner der Gegend und ihrer geologischen Literatur, die Beweiskraft der angeführten Daten richtig einzuschätzen.

---

[1]) Meineke, Hauptverz. 1910, S. 10 des Dissertationsabdruckes.

[2]) Siehe Profil von E. Wüst, aufgenommen u. a. in Kayser, Formationskunde, 1911, S. 276. Siehe S. 243, *Zus.* 6.

[3]) F. Beyschlag und K. v. Fritzsch, Hauptverz. 1900, S. 241 u. 242.

[4]) Siehe Beyschlag und v. Fritzsch, Hauptverz. 1900; Kayser, Formationskunde, 1911, S. 227.

Jüngere Glieder greifen vielfach über ältere auf Grundgebirge über. So transgrediert im SO von Blatt Wippra das „ru_1“ der geologischen Spezialkarte über Karbon, nach SW transgrediert „ru_2“ über „ru_1“. Gleichzeitig verschwächt sich das „Rotliegende“ auf Blatt Wippra stark in der Richtung von ONO nach WSW.[1]) Auf Blatt Mansfeld lagert nach der geologischen Spezialkarte meist „ru_1“ auf variskischem Gebirge, an einer Stelle aber auch „ru_2“. Auf Blatt Leimbach ist das „Rotliegende“ „dem Schiefergebirge abweichend angelagert. Dabei legt es sich demselben bald mit einem älteren, bald mit einem jüngeren Glied auf. So beginnt die Formation im SO des Blattes mit konglomeratischen Schichten der unteren Abteilung, während im Ölgrunde bei Walbeck das Porphyrkonglomerat der oberen Abteilung, und bei Welpsleben gleich jenseits des nördlichen Kartenrandes (Blatt Aschersleben) sogar die über dem Porphyrkonglomerat auftretenden tonigen Sandsteine unmittelbar auf den älteren Schiefern liegen“.[2]) Auf Blatt Wippra schwankt die Auflagerungsfläche des „Rotliegenden“ nach der Spezialkarte in der Höhenlage zwischen 700 und 1000 Fuß; auf Blatt Mansfeld senkt sie sich von Westen her von 1000 Fuß bis zu 500 Fuß im Nordosten, auf Blatt Leimbach liegt sie meist bei 700—800 Fuß. Von diesen heute vorhandenen Schwankungen in der Höhenlage wird vieles auf Rechnung der jüngeren Faltungen zu setzen sein.

Die angeführten Tatsachen scheinen darauf hinzuweisen, daß auch schon die oberkarbonischen Sedimente einen unebenen oder wenigstens geneigten Ablagerungsboden vorfanden.

Von geringerer Bedeutung ist das Rotliegendareal am Südfuße des Harzes in der Umgebung von Ilfeld nördlich von Nordhausen. Es besitzt hier nach Beyrich eine Ausdehnung von über $3^1/_2$ Meilen und erstreckt sich „von der Umgebung des Rabensberges bei Sachsa über Ellrich, Ilfeld und Neustadt bis nach Buchholz und Hermannsacker auf dem Blatte Stolberg“.[3]) Über die Lagerung des Oberrotliegenden auf den Blättern Zorge und Ellrich schreibt Beyrich: „Man ersieht, daß das obere Rotliegende im großen eine Mulde bildet, für welche die Grauwacke des Warteberges die westliche Ablagerungs-

1) Erläuterungen zu Blatt Wippra, 1883, S. 62.

2) Beyrich, Hauptverz. 1870, b), S. 2.

3) E. Kayser, Erläuterungen zu Blatt Leimbach, 1873, S. 18.

grenze abgab. Die Mulde ist nach Süden geöffnet und wird abgeschnitten durch die abweichend aufgelagerte Zechsteinformation, deren unterste Glieder in der Mitte der Mulde das oberste Glied des Rotliegenden . . ., weiter westlich aber der Reihe nach die hier vorhandenen älteren Glieder und am Warteberg und Fürlandsberg die Basis des Rotliegenden, die Elbingeroder Grauwacke bedecken" (a. a. O., S. 6). Es liegt also nach BEYRICHS Darstellung eine Ablagerungsmulde vor. Indes ist wohl auch die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß die Mulde vor Ablagerung des Zechsteins tektonisch entstanden ist. Von Bedeutung ist das Übergreifen des Oberrotliegenden auf Grundgebirge im Westen auf Blatt Ellrich. Die Grauwacke des Warteberges ragte entweder schon zur Zeit der Bildung des älteren Rotliegenden höher auf und blieb dadurch frei von Sedimenten, oder sie hatte ursprünglich auch keine höhere Lage und wurde ebenfalls von älterem Rotliegenden bedeckt, verlor aber, durch eine Gebirgsbewegung emporgehoben, die Sedimentdecke wieder vor Absatz des Oberrotliegenden. Die Quarzporphyrdecke, die sich auf Blatt Zorge vom Ravenskopf weit nach Süden ergießt, hat sich nach BEYRICH in eine vorgebildete „muldenförmige Einsenkung im Grauwackengebirge" ergossen, „in welche vorher schon ältere Ablagerungen des oberen Rotliegenden eintraten".[1]) LEPSIUS bemerkt aber, daß es auch ein tektonischer Graben sein könnte, „in welchem Porphyrdecke und Rotliegendsedimente vor der gänzlichen Erosion bebewahrt blieben".[2])

Weiter südöstlich ist der Kyffhäuser, aus kristallinem Grundgebirge und einer mächtigen Rotliegenddecke aufgebaut, aus den jüngeren Sedimenten der Umgebung herausgehoben. Am Nordabhange bedecken die Oberrotliegendsandsteine „diskordant und schwebend die kristallinen Gesteine".[3]) Das kristalline Gebirge des Kyffhäusers besteht nach MOESTA aus Granit und Gneis. Letzterer ist aber nach LEPSIUS nur ein gequetschter Granit (a. a. O., S. 395).

Dem Blatt Kelbra[4]) liegen zwei Profile bei, die beide das Kyffhäusermassiv durchschneiden. Auf dem einen, das

---

[1]) BEYRICH, Hauptverz. 1870, d), S. 22.
[2]) Hauptverz. 1910, S. 351.
[3]) LEPSIUS, a. a. O., S. 397.
[4]) FR. MOESTA, Nachtrag 1884.

vom Harzrand über den Kyffhäuser bis in die Thüringer Triasbecken geführt ist, stoßen die Schichten des unteren und oberen Rotliegenden in flacher Lagerung scharf an einem nach Süden geneigten Hang der Granitoberfläche ab. „Der Abschnitt des Profiles, welcher von dem Granite an der nordöstlichen Abdachung der Sittendorfer Köpfe bis zu den Bohrlöchern von Frankenhausen den eigentlichen Gebirgsstock des Kyffhäusers durchschneidet, ist auf die Beobachtungen der Lagerungsverhältnisse des Rotliegenden den kristallinischen Gesteinen gegenüber gegründet, wie solche der Schichten des ersteren, namentlich auffällig der unteren Abteilung ru_1 desselben, von Westen her, bis zum Tal der Rothenburg dartut. Die Ablagerung dieser Sedimente erfolgte, als jene älteren Gesteine schon als Gebirgsbildung von zweifellos größerer Ausdehnung vorhanden waren, sei es als Festland oder als submariner Grund" (von mir gesperrt: der Verf.).[1]) Das zweite Profil führt vom „goldenen Mann" über die Ruine Falkenburg. (Der goldene Mann liegt nordwestlich von der Ruine Kyffhäuser und gehört auch zum Kyffhäusergebirge.) Hier erhebt sich im Norden des Kyffhäusergebirges ein „Gneisberg" bis zu 1000 Fuß Höhe. Nach Süden fällt er sehr steil ab, und an diesen Steilhang sehen wir Schichten des unteren und oberen Rotliegenden sich mit flacher Stellung anlagern. „Für die Anlagerung des Rotliegenden an der Südseite des kristallinischen Gebirges ist die Verbreitung des unteren Rotliegenden und in der Profillinie speziell diejenige der Schiefertonlage β_3 bestimmend."[2]) „Die Neigung der Rotliegendschichten ist schwach einfallend gegen Süden; nur gegen den Fuß des Gebirges scheint allgemein ein starkes Einfallen sich einzustellen" (i. e. gegen den Südfuß: der Verf.).[3]) Die Anlagerung an das Grundgebirge erfolgt mit schwach geneigten Schichten, also unter starker Diskordanz mit der stärker geneigten Grundgebirgsoberfläche. Das Oberrotliegende bedeckt auf beiden Profilen übergreifend den Granit. Es übertrifft an Mächtigkeit das untere bedeutend. Die Mächtigkeit des unteren Rotliegenden ru_1 beträgt, ,soweit dasselbe die Entblößung am Nordabhange des Kyffhäusers zeigt", 225 Fuß;

[1]) Moesta, Nachtrag 1884, 2. Anhang zu den Erläuterungen, S. 54.
[2]) Moesta, a. a. O., S. 57.
[3]) Moesta, a. a. O., S. 54.

die des Oberrotliegenden „nach dessen und des auflagernden Zechsteins beobachteten Fallrichtung“ 1400 Fuß.[1])

Lepsius betrachtet die etwa 700 m mächtigen, über dem Granit lagernden roten Sandsteine, Konglomerate und Schieferletten als eine einheitliche Ablagerung und stellt sie zu dem Oberrotliegenden. Moesta hatte die untersten 80 m als „unteres Rotliegendes“ von den höheren Schichten abgetrennt. Diese Abtrennung erklärt Lepsius als ungerechtfertigt. Ebenso verwirft er die Auffassung von Beyschlag und v. Fritzsch, die die rotliegenden Schichten des Kyffhäusers dem Oberkarbon zuweisen wollen.[2]) Für unsere Untersuchung sind diese Unterschiede der Auffassung nicht von wesentlichem Belang.

Moesta stellt in den Erläuterungen zu Blatt Kelbra das Alter des Granitgebirges auf der Nordseite des Kyffhäusers mit folgenden Worten fest: „Die ihm (d. h. dem Rotliegenden: der Verf.) im Norden vorliegenden eruptiven und kristallinischen Gesteine zwischen Tilleda und Kelbra sind nicht als Basis des Rotliegenden, sondern als ein bei der Ablagerung dieser Formation schon vorhandenes Festland oder doch submarines Gebirge von großer Verbreitung zu betrachten, welches für jene Anschwemmung der Strand war“.[3]) Aus der geologischen Spezialkarte (Blatt Kelbra) ergibt sich: Die Granitoberfläche steigt nördlich der Ruine Kyffhäuser von O nach W an von 625 Fuß auf 850 Fuß auf eine Strecke von etwa 1 km (= ungefähr 5°).[4]) An der Rothenburg und am goldenen Mann: Hier steigt die Granitoberfläche in SO-Richtung von 620 Fuß erst sanft, dann aber steil auf 1050 Fuß an (der steile Anstieg geschieht auf etwa 500 m horizontal von 650 auf 1050 Fuß = 16½°); schwankt dann zwischen 950 und 1000 Fuß auf eine Strecke von etwa 800 m, die ziemlich gleich gerichtet ist, fällt dann aber in WO-Richtung auf etwa 900 m horizontal von 1000 Fuß auf 725 Fuß (= etwa 6½°). Aus diesen Angaben muß man auf eine unregelmäßige Beschaffenheit der Oberfläche des Granitgebirges schließen.

So ergibt sich, daß sich hier am Kyffhäuser vor Ablagerung des Oberrotliegenden ein Gebirge erhob, das

---

1) Moesta, a. a. O., S. 56.

2) Lepsius, a. a. O., S. 396.

3) Moesta, 1884, S. 5; von mir gesperrt: der Verf.

4) 100 pr. Fuß = 37,662 m.

das unmittelbar südlich gelegene Grundgebirge um wohl 1000 Fuß überragte. Es wurde im oberen Rotliegenden, nachdem es sich offenbar gesenkt hatte, von einem Sedimentmantel umhüllt und schließlich ganz zugedeckt.

MOESTA schließt aus der mächtigen Entwicklung des Rotliegenden am Kyffhäuser im Gegensatz zu dessen Ausgehendem am Harzrande, daß die Sedimente des Rotliegenden an letzterem ihre Begrenzung fanden: „Die mächtige Entwicklung der Formation des Rotliegenden, aus welcher die Hauptmasse des letzteren (i. e. des Kyffhäusers: Str.) besteht, zeigt im Gegensatz zu dessen Ausgehendem am Harzrande die Tatsache, daß diese Sedimente an dem herzynischen Gebirge ihre Begrenzung fanden und dessen Schichtenbau übergreifend bedeckten. Die ursprüngliche Randbegrenzung derselben ist annähernd zu konstruieren, indem die nächstfolgende Formation des Zechsteins über das Rotliegende hin bis auf jenes sich ausbreitete. Auf Blatt Schwenda läuft dieselbe in einem einer geraden Linie genäherten flachen Bogen vom östlichen bis zum westlichen Kartenrande.[1]) Sein Verlauf wird durch mehrfache Entblößungen in den Erosionstälern, welche die südliche Abdachung des Harzes durchschneiden, unter der Zechsteinformation hindurch erkennbar. Bei letzterer Formation ist eine derartige Vorstellung kaum zu gewinnen, da sich kein Anhaltspunkt dafür bietet, wieviel durch ihre spätere Abtragung zerstört und hierdurch von dem herzynischen Schichtensystem bloßgelegt wurde.“[2]) Sicher war dies zu Beginn des Zechsteins der Fall. Der Anfang des MOESTA'schen Profils zeigt aber am Harzrande diskordante Auflagerung des Zechsteins. Das Oberrotliegende greift nicht über das untere Rotliegende auf Grundgebirge über. Aus dieser Stelle des Profils müßte man wohl eher schließen, daß das „Rotliegende“ zuerst weiter nach N gereicht haben kann, daß also das jetzige Ende nicht die ursprüngliche Ablagerungsgrenze, sondern nur eine vor der Zechsteinbedeckung entstandene Denudationsgrenze des „Rotliegenden“ darstellt. Es müßte dann allerdings auch eine Diskordanz der „Rotliegend“schichten mit den Zechsteinschichten vorhanden sein, was aus dem Profile nicht zu ersehen ist. Wenn das Profil übrigens nach der

[1]) Das angebliche Rotliegende auf Blatt Schwenda wird jetzt als Oberkarbon betrachtet; vgl. S. 86.

[2]) MOESTA, 1884, 2. Anhang zu den Erläuterungen von Blatt Kelbra.

jetzigen Auffassung über die früher als Rotliegendes gedeuteten Schichten abgeändert wird, wird es über die ursprünglichen Ablagerungsgrenzen des Rotliegenden erst recht keinen Aufschluß geben (vielleicht über die des Oberkarbons?).

Am Nordrande des Harzes tritt Rotliegendes nur im O bei Ermsleben und Ballenstedt in geringer Ausdehnung hervor, um alsbald wieder unter jüngeren Schichten zu verschwinden. Weiter im N, am sogenannten „Magdeburger Uferrande", dem „Harz im Kleinen"[1]), taucht es aber noch einmal auf, sogar mit dem Untergrunde. „Diskordant auf den abgewaschenen Schichtköpfen der stark gefalteten und zusammengeschobenen Kulmbildungen lagern . . . die flach nach SW einfallenden . . . permischen Gesteine." Für uns ist die Notiz von Klockmann von Bedeutung: „Auf der leichtwelligen, im ganzen aber horizontalen Grauwackenoberfläche lagert unmittelbar in 4 m Mächtigkeit eine vertikal zerklüftete Porphyritdecke".[2])

Am Nordwestende des Harzkernes verflacht sich allmählich das Gebirge „auf einer breiten, flachgebogenen Mulde der mächtigen Kulmgrauwacken. Zwischen Seesen und Hahausen lagern sich die Rotliegend- und Zechsteinstufen in 300—320 m Meereshöhe schwebend über die Schichtköpfe der Kulmfalten auf."[3]) Die Lagerung des Perms ist hier stark gestört.[4]) Rotliegendes und Zechstein sind „teils den nach W sanft abfallenden Hängen der Kulmgrauwacke diskordant aufgelagert, teils durch jüngere Gebirgsstörungen gegen sie verworfen".[5]) Auf Blatt Seesen fällt östlich Seesen die Grenze Rotliegendes—Kulm auf etwa 1075 m horizontal von 400 m auf 260 m ($= 7^1/_2{}^0$), aber bei der vielfach gestörten Lagerung wird es wohl ungewiß bleiben müssen, ob eine primäre Neigung vorliegt. Überhaupt läßt sich aus dem Angeführten kein klares Bild der ursprünglichen Lagerung gewinnen.

Somit bleiben die ursprünglichen Lagerungsverhältnisse der Rotliegendrandschollen des Harzes und damit auch die Beschaffenheit der Auflagerungsfläche größtenteils unbestimmt.

---

[1]) Klockmann, Hauptverz. 1890.
[2]) Klockmann, a. a. O., S. 147.
[3]) Lepsius, a. a. O., S. 370.
[4]) Bode, Nachtrag 1907, S. 3.
[5]) Bode, a. a. O., S. 21.

Ostseite des Rheinischen Schiefergebirges.

Ein schmales Band von Zechstein umsäumt den Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges von Gießen aus nördlich über Marburg, Frankenberg bis in das Waldecksche Gebiet.[1] Im nördlichen Teile befinden sich „alle Glieder des Zechsteins in steter Transgression, so daß von Frankenberg nach S der obere Zechstein allein ausgebildet ist. Er erscheint uns in roter klastischer Fazies, die nur in der Nähe von Frankenberg durch helle Dolomit- und Mergeleinlagerungen unterbrochen wird".[2]) Früher hielt man diese roten Konglomerate für Rotliegendes, bis DENCKMANN nachwies, daß sie über mittleren Zechstein transgredieren. Sie galten dann als Strandkonglomerat des Zechsteinmeeres. Aber nach MEYER ist die ganze rote Schichtenfolge wahrscheinlich terrestrisch entstanden. „Ganz sicher gilt dies von der unteren Abteilung, dem sogenannten unteren Konglomerat"[3]), so daß also hier eine terrestrische Fazies des Zechsteins vorliegen würde. Rotliegendes fehlt ganz. Weiter nördlich kommen diese konglomeratischen Bildungen des Zechsteins nicht mehr vor, und der Zechstein verschwindet zuweilen ganz unter dem übergreifenden Buntsandstein.[4])

Nach MEYER hat der Zechstein auf der Strecke Lollar—Marburg—Wetter „im allgemeinen seine ursprüngliche Anlagerung an das Gebirge, zum Teil in Buchten, bewahrt", während von Wetter an ein staffelförmiges Absinken vom Rheinischen Schiefergebirge vorliegt.[5]) Dort „liegt er seiner Küste mit einem klippenreichen Untergrunde ungestört an oder greift in Buchten in das Rheinische Schiefergebirge hinein" (a. a. O., S. 446). Auf der Strecke von Goßfelden bis Wetter ist „vor allem die Grenze zum Silur von Interesse, da sie eine eigenartige Bucht mit mehreren Inseln bildet" (a. a. O., S. 402). MEYER schildert auch interessante Einzelheiten der Auflagerungsfläche des Zechsteins: Bei Roth-Bellnhausen (südlich Marburg) überlagert der Zechstein horizontal einen Sattel des Kulm. „Ganz unregelmäßig ist die Auflagerungsfläche, auf- und niedersteigend ist sie mit vielfachen Taschen versehen und erhebt sich zuerst

---

1) H. L. F. MEYER, Hauptverz. 1910 u. 1911.

2) MEYER, Hauptverz. 1911, S. 48.

3) Hauptverz. 1911, S. 48.

4) LEPSIUS, Hauptverz. 1892, S. 163.

5) Hauptverz. 1910, S. 403.

allmählich, dann plötzlich nach W zu. Die Auflagerungsfläche ist auf ungefähr 10 m aufgeschlossen. Auch nach O findet sich eine Erhebung des Kulms. Über den Geiersberg nach S zu ist die Grenze Zechstein—Kulm als gerade Linie ausgebildet. An einem kleinen Tälchen fällt sie dann plötzlich nach der Lahn zu, um dann aber ebenso schnell wieder in die Höhe zu steigen und eine zweite Kulmklippe zu bilden. Der überlagernde Zechstein ist hier als unteres Konglomerat . . . entwickelt. Das Meer hat vielleicht selbst an der Bildung dieser Klippe mitgearbeitet"[1]) (a. a. O., S. 414 u. 415). Wenn auch einzelne Klippen von der Brandung des Zechsteinmeeres geschaffen wurden, so scheint mir doch nach der MEYER'schen Schilderung kaum glaubhaft, daß die so unregelmäßige Auflagerungsfläche durchweg eine marine Abrasionsfläche darstelle. An anderen Orten sollen nach MEYER nicht einmal die Klippen von der Brandung gebildet worden sein: „Ganz anders ist dies aber bei Niederweimar—Gisselberg (ebenfalls südlich Marburg, aber etwas nördlicher als Roth—Bellnhausen: der Verf.) und südlich Wetter in der eigenartigen Bucht. Hier gewinnt man den Eindruck, daß die Klippen von dem vordringenden Meere allmählich eingedeckt wurden, und nicht erst durch die Arbeit der Brandung geschaffen wurden. Auf Ähnliches deutet der Silursporn, der nordöstlich Ellnhausen (westlich Marburg: der Verf.) in den Zechstein einspringt und deutlich in einem Hohlwege von dem letzteren überlagert wird. Einige besonders hochgelegene Stellen, wie die östlich von Michelbach gelegene auffällige Kulmhöhe, sind vielleicht überhaupt nicht vom Meere bedeckt worden" (a. a. O., S. 415). MEYER faßt seine Ansicht über die Auflagerungsfläche des Zechsteins und das Alter ihrer Unebenheiten folgendermaßen zusammen: „Auf dem Kartenbild und den Aufschlüssen gewinnen wir nun den Eindruck, daß die Unterlage des Zechsteins ganz unregelmäßig ausgebildet war und schon vor Ablagerung des letzteren mit ihren starken Höhenunterschieden bestanden hat (von mir gesperrt: der Verf.). Ganz lokal scheint die Auflagerungsfläche eben zu sein, wie sich aus der Kartierung zwischen Niederweimar und Wehrshausen ergibt. Im Anschluß

[1]) Hier liegt offenbar noch die Auffassung zugrunde, daß das Konglomerat marin ist.

an den Zechstein beobachten wir zuerst ein Stück der abgedeckten Rumpffläche, dann erst steigt das Gebirge an zu Höhen, die wohl kein Perm mehr getragen haben werden."[1])

In einer neueren Arbeit[2]) kennzeichnet MEYER den Gesamtcharakter der Auflagerungsfläche des Zechsteins im fraglichen Gebiete deutlicher, indem er sie mit der „Abrasionsfläche" im Schwarzwalde vergleicht. Wie diese, weist auch die Auflagerungsfläche des Zechsteins Klippen und schutterfüllte Täler auf, aber „die Auflagerungsfläche des Zechsteins auf das ältere Paläozoikum ist trotz der Täler und einzelner aufragender Klippen eine deutliche Abtragungsebene, wie sich schon bei bloßer Betrachtung der Unterkante des Zechsteins ergibt. Morphologisch macht sie sich aber auch beim Fehlen des Zechsteins nach Westen zu als eine Einebnung bemerkbar, die sich genau an die Unterkante des Perms anschließt und ziemlich weit in das Gebirge verfolgt werden kann, bis erst die größeren Höhen erscheinen, die wohl die tertiäre (und frühere) Fläche tragen".[3]) Wenn die MEYER'sche Auffassung von der terrestrischen Natur der Zechsteinkonglomerate richtig ist, müßte es schon mit Rücksicht auf diese, abgesehen von den vorhandenen Klippen und namentlich Tälern, fraglich erscheinen, ob die „Abtragungsebene" als marine Abrasionsfläche, durch das Zechsteinmeer geschaffen, gelten kann.

Also nicht einmal die Auflagerungsfläche des Zechsteins auf Grundgebirge soll durch marine Abrasion entstanden sein, selbst da nicht, wo der Zechstein mit Konglomeraten beginnt!

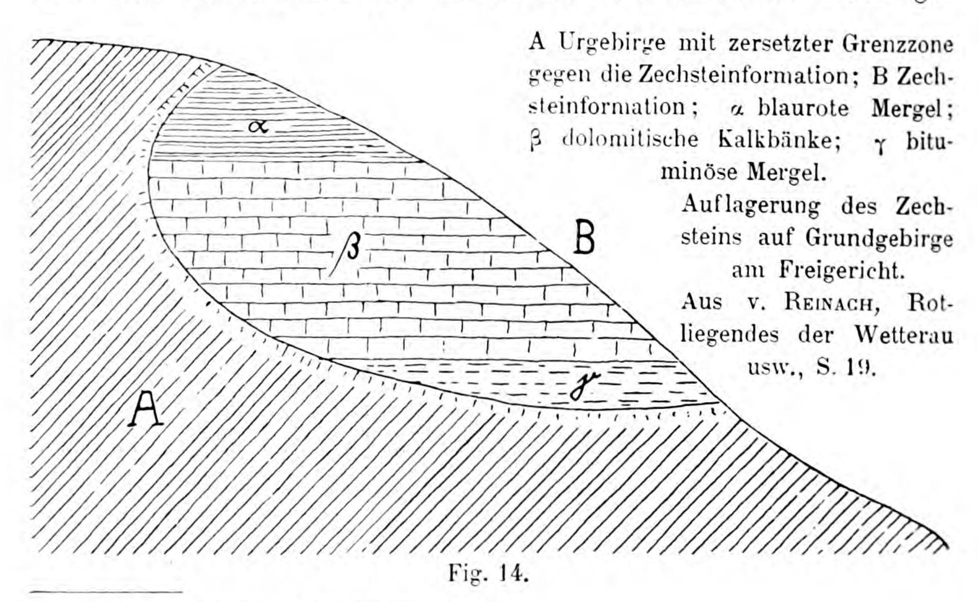
Im Waldeckschen ist nach LEPPLAS Feststellung die Auflagerungsfläche des Zechsteins, vor allem der oberen Abteilung, auf Kulm eine ziemlich ebene Fläche, „aus welcher weder die harten Grauwackenbänke der Buchenberger Hochfläche noch die Kieselschieferrücken der Flechtdorfer Gegend merklich hervortreten".[4]) Die Fläche ist nicht horizontal, sondern stets gegen das Innere der Zechsteinverbreitung geneigt. Die heutigen Auswaschungsformen an der Oberfläche seien ganz andere. Jede etwas widerstandsfähige Schicht bilde eine Bodenwelle, einen Rücken. „Die hier beschriebenen Verhältnisse lassen

[1]) Hauptverz. 1910, S. 415.
[2]) Hauptverz. 1911.
[3]) Hauptverz. 1911, S. 47.
[4]) LEPPLA, Hauptverz. 1890.

schließen, daß die Auflagerungsfläche nicht den gleichen Umständen ihre Entstehung verdankt wie die heutige Oberfläche des Kulmgebietes" (S. 42). Man könnte danach geneigt sein, marine Abrasion anzunehmen, aber merkwürdigerweise fehlen hier im N die Produkte einer solchen in Gestalt von Konglomeraten.[1])

In dem am weitesten nach NW vorgeschobenen Teile des Teutoburger Waldes treten nach LEPSIUS[2]) auch Oberkarbon und Rotliegendes zutage. Nach WEGENER ist indes bei Ibbenbüren und Osnabrück gar kein Rotliegendes vorhanden, da die rotgefärbten Schichten ebenfalls zum Oberkarbon gehören. Dagegen seien nach den Untersuchungen von MÜLLER und KRUSCH rotgefärbte Konglomerate bei Menden mit einiger Sicherheit als Rotliegendes anzunehmen.[3]) Genauere Angaben über ursprüngliche Lagerung und Auflagerungsfläche der Schichten fehlen in der mir zu Gebote stehenden Literatur.

Beiläufig sei hier aus der östlichen Wetterau eine Beobachtung v. REINACHS mitgeteilt, nach der in der Gegend von Büdingen am „Freigericht" die Auswaschung des Grundgebirges durch das Zechsteinmeer am alten Uferrande gut zu konstatieren sein soll. Nach v. REINACHS Skizze erfüllt der Zechstein in horizontalen Schichten eine ziemlich stark ge-



A Urgebirge mit zersetzter Grenzzone gegen die Zechsteinformation; B Zechsteinformation; α blaurote Mergel; β dolomitische Kalkbänke; γ bituminöse Mergel.

Auflagerung des Zechsteins auf Grundgebirge am Freigericht.

Aus v. REINACH, Rotliegendes der Wetterau usw., S. 19.

Fig. 14.

---

1) W. MÖRING, Hauptverz. 1909.

2) LEPSIUS, Hauptverz. 1910, S. 412.

3) WEGENER, Nachtrag 1913, S. 60.

krümmte Höhlung im Grundgebirge; dieses soll an der Grenze zersetzt sein. Man könnte die Höhlung für eine Brandungshohlkehle vom Strande des Zechsteinmeeres halten, aber man vermißt den Brandungsschutt an der Basis der Höhle. Vielleicht erklärt sich das Fehlen daraus, daß die Trümmer von der Brandung seewärts getragen und erst in einiger Entfernung vom Strande abgelagert wurden.[1])

Nördliches Vorland des Erzgebirges.

Das Grundgebirge bildet drei sattelförmige Erhebungen, die im allgemeinen von SW nach NO streichen und nach N an Höhe abnehmen, nämlich das Erzgebirge, das Granulitgebirge und den nordsächsischen Sattel. Die Mulde zwischen Erzgebirge und Granulitgebirge nimmt das mit Karbon und Rotliegendem ausgefüllte erzgebirgische Becken ein, die zwischen Granulitgebirge und nordsächsischem Sattel das nordsächsische oder Mügeln—Frohburger Rotliegendbecken.[2]) Abweichende Richtung besitzt das in NO—SW-Richtung ausgedehnte Rotliegendbecken von Döhlen südwestlich Dresden.

a) Erzgebirgisches Becken.[3])

Es erstreckt sich in ONO—WSW-Richtung von Hainichen über Chemnitz, Glauchau, Zwickau und Werdau. Hier biegt es nach N um in der Richtung nach Meerane und Altenburg, vereinigt sich mit dem nordsächsischen Becken und mündet dann in das thüringische Becken ein.[4]) Die Beckenachse verläuft also nicht ganz geradlinig. Die Breite beträgt anfangs nach

---

[1]) v. REINACH, Hauptverz. 1892, S. 19.

[2]) DAMMER, Hauptverz. 1903, S. 291; siehe auch REINISCH, Hauptverz. 1910, S. 111.

[3]) Von den Erläuterungen zu der geologischen Spezialkarte des Königreichs Sachsen stand mir immer nur die 1. Auflage zur Verfügung. Von den Änderungen in etwaigen neuen Auflagen konnte ich daher leider keinen Gebrauch machen.

[4]) DAMMER, a. a. O. Vgl. auch LIEBE und ZIMMERMANN, Hauptverz. 1893, b) S. 28 u. 29: „Daß ehedem eine Verbindung auch mit dem Rotliegenden des thüringischen Beckens, wie es auf den Nachbarblättern Gera und Weida zutage tritt, bestanden hat, muß in der Tat bei der großen petrographischen Übereinstimmung als wahrscheinlich bezeichnet werden.“ (Siehe dazu oben S. 80 u. 81.)

Credner nur 1 km und nimmt dann im weiteren Verlaufe nach SW zu.[1]) Auf Sektion Chemnitz beträgt sie 7—9 km. Am Ostrande der Sektion Stollberg—Lugau beträgt die Breite etwa 10 km, am Westrande gegen 15 km, bei Glauchau und Zwickau 16—17 km.[2]) Nach der Umbiegung nach N wird das Becken wieder schmaler. Auf Sektion Meerane ist es nur etwa 12 bis 13 km breit.[3]) Die Breite nimmt aber nicht stetig zu; so findet in der Mitte der Sektion Stollberg—Lugau durch die sattelförmigen Vorsprünge der Glimmerschieferformation bei Wüstenbrand im N und der kambrischen Schiefer bei Niederwürschnitz im S eine Einschnürung des Beckens statt. Während die Breite an der Ostgrenze der Sektion 10 km, an der Westgrenze gegen 15 km beträgt, mißt sie in der Mitte nur gegen 9 km.[4]) Auch die Tiefe wächst in der Richtung NO—SW Der Boden der Talwanne, die nach Ablagerung und späterer Wiederzerstörung des Karbons noch übrig bleibt, senkt sich von „300 m Meereshöhe bei Hainichen nach SW zu kontinuierlich". Bei Chemnitz erreicht er etwa 100, zwischen Hohenstein und Lugau 350 und endlich zwischen Glauchau und Zwickau mindestens 600 m Tiefe unter dem heutigen Meeresspiegel.[5]) Also wird die Gesamttiefe der Rotliegendmulde bei Chemnitz etwa 400 m, bei Zwickau etwa 900 m betragen. Nach der Umbiegung wird das Becken nicht bloß schmaler, sondern auch seichter. So erreichte man bei Obergrünberg die devonische Unterlage schon in 320 m Tiefe.[6]) Die Tiefe wächst auch von den Rändern nach der Mitte zu, und zwar, wie aus der öfteren Betonung der Flachheit des Beckens hervorgeht, im allgemeinen wohl allmählich, stellenweise scheinen aber auch sehr steile Böschungen vorzukommen (siehe unten). Im Hauptteil des Beckens zwischen Chemnitz und Zwickau bildet also der Boden eine nach SW immer breiter und tiefer werdende Wanne, nach Credner „einen flachen Trog" (a. a. O., S. 95), „eine lange

---

[1]) Credner, Hauptverz. 1880, S. 95.

[2]) Siegert und Sterzel, Hauptverz. 1881, S. 139 und Siegert, Hauptverz. 1882, S. 1.

[3]) Siegert, Hauptverz. 1882, S. 1 u. 2.

[4]) Siegert und Sterzel, Hauptverz. 1881, S. 139; siehe auch Credner, a. a. O.

[5]) Credner, a. a. O.

[6]) Siegert, Hauptverz. 1882, S. 1.

und schmale Muldenbucht" (a. a. O., S. 117). Da die mittlere Breite sich zu der Gesamtlänge des Hauptteiles etwa wie 1:6 verhält (Länge des NO—SW gerichteten Stückes etwa 60 km, mittlere Breite 10 km), erscheint die Mulde schmal, talartig. Daher bezeichnet sie CREDNER auch als „Talwanne", MIETZSCH als „talförmige Einsenkung".[1]) Insbesondere für den Ablagerungsraum des Rotliegenden werden letztere Ausdrücke gebraucht. Die mittlere Tiefe zu 600 m angenommen, ergibt sich zwischen Tiefe, Breite und Länge der Rotliegendtalmulde das Verhältnis 3:50:300. Bei Zwickau ist die Breite der letzteren etwa 16 km, die Tiefe 900 m; das ergibt ein mittleres Gefälle vom Rande nach der Beckenmitte von etwa 6°. Ähnlich ist es weiter oben, etwa zwischen Hohenstein—Lugau und Chemnitz (600 m Tiefe; etwa 10 km Breite). Zwischen Hohenstein und Lugau (8,5 km Breite; 700—900 m Gesamtmächtigkeit von Rotliegendem und Oberkarbon) beträgt das mittlere Gefälle der Talböschung bei dem von Karbon und Rotliegendem erfüllten Becken 9—12°.[2]) Auf Sektion Frankenberg—Hainichen beträgt das Gefälle vom Rande nach der Mitte des Rotliegendbeckens etwa 50 m auf 1400 m (=2°). In das Hauptbecken münden kleinere Nebenbecken, so am Südrande bei Chemnitz das von Flöha. Dessen Boden hat „flachtellerförmige" Gestalt und ist mit Oberkarbon und Rotliegendem ausgefüllt.[3])

Die Frage nach dem Alter des Beckens wird durch die Art und Weise der Ausfüllung entschieden. Ungefaltetes Oberes Karbon ist nur im südlichen Teile vorhanden; im nördlichen ruht das Rotliegende direkt auf gefaltetem Gebirge. Über die Lagerung des Rotliegenden stellt CREDNER fest: das seichte nordöstliche Ende wird ausschließlich vom unteren Komplex des Rotliegenden ausgeebnet. Erst östlich bei Chemnitz, bei zunehmender Tiefe, lagert sich auf das untere Rotliegende die mittlere Stufe. Noch weiter nach SW folgt das Oberrotliegende. Dabei wächst die Gesamtmächtigkeit des Rotliegenden: Bei Frankenberg beträgt sie kaum 40 m, bei Chemnitz etwa 430, im Ferdinandschacht bei Erlbach 650, im Merkurschacht bei Gersdorf 750, bei Thurm zwischen Glauchau und Zwickau gegen

[1]) MIETZSCH, Hauptverz. 1877, a), S. 50; CREDNER, Hauptverz. 1880, S. 117.

[2]) Siehe CREDNER, a. a. O., S. 95.

[3]) A. SAUER usw., Hauptverz. 1881, S. 4.

900 m.[1]) Auf Sektion Stollberg—Lugau[2]) wächst die Mächtigkeit des Rotliegenden entlang der Linie der größten Tiefe von 600 m auf 650, 750, 800, 900 m. Leider erfahren wir daraus nicht, ob das Wachstum der Mächtigkeit nur aus dem Hinzutreten neuer Stufen entsteht, oder ob auch die einzelne Stufe beckenabwärts anschwillt. Auf der gleichen Sektion nimmt die Mächtigkeit der unteren Stufe des oberen Rotliegenden von O nach W zu. „Sie beträgt im Ferdinandschachte bei Erlbach etwa 180 m und in dem hart an der Grenze der zweiten Stufe angesetzten Saxoniaschacht und Eintrachtschacht bei Lugau ungefähr 100 m, während diese Stufe in den westlichen . . . Schächten . . . 218,55—335,83 m mächtig wird. In dem jenseits der Sektionsgrenze . . . geteuften Bohrloch dürfte sie sogar 508 m mächtig gewesen sein, und die gleiche Mächtigkeit besitzt sie auch in der Gegend von Bernsdorf, woselbst sie mit 482,67 m durchsunken wurde.“ Ähnlich verhält es sich bei der zweiten Stufe (a. a. O., S. 136). Nach den Erläuterungen zu Stollberg—Lugau (S. 18) breitet sich am Südrande über Phyllit und Karbon in diskordant übergreifender Lagerung und in n a c h N h i n i m m e r z u n e h m e n d e r M ä c h t i g k e i t (von mir gesperrt: der Verf.) das Rotliegende. Auch die Letten des Oberrotliegenden nehmen nach CREDNER nach dem Beckeninnern hin an Mächtigkeit zu (a. a. O., S. 118). Auf dem Querschnitt durch das Becken auf Sektion Stollberg—Lugau von TH. SIEGERT tritt die Anschwellung nach der Mitte zu deutlich hervor. Auf Sektion Zwickau nimmt die Mächtigkeit des unteren Rotliegenden, die stark schwankt, nach der Beckenmitte hin zu.[3]) Ist diese Mächtigkeitssteigerung vom Rande nach der Mitte zu eine allgemeine Erscheinung, so muß die Schichtenstellung von unten nach oben flacher werden. Dies ist auch der Fall. Am Nordrande ist das Hauptfallen südlich, am Südrande nördlich.[4]) Die Neigung des Oberkarbons beträgt auf Sektion Zwickau in den tiefsten Flözen 15—20°, nach oben zu wird sie allmählich geringer. Das Einfallen des Rotliegenden nimmt von unten nach oben allmählich von 15—3°

[1]) CREDNER, a. a. O., S. 117 u. 118.
[2]) SIEGERT und STERZEL, Hauptverz. 1881, S. 139.
[3]) H. MIETZSCH, Hauptverz. 1877, b), S. 118 u. 119.
[4]) MIETZSCH, Hauptverz. 1877, a), S. 50.

ab.[1]) Auf Sektion Lichtenstein besitzt das Unterrotliegende am Südrande des Beckens bis 15°, am Nordrande bis über 20°, das Oberrotliegende hingegen nur 3–10° Neigung.[2])

Von den Transgressionen am Nord- und Südrande war schon oben die Rede. Das Übergreifen des Oberrotliegenden auf das Schiefergebirge am Südrande findet u. a. auf Sektion Lößnitz statt.[3]) Die Unterstufe des Rotliegenden geht nach CREDNER an den beiderseitigen Muldenrändern streckenweise nicht zutage oder ist nur auf eine verhältnismäßig schmale Ausstrichzone reduziert. Letzteres gilt auch noch von den mittleren Rotliegendkomplexen. „Es beruht dies am Südflügel des erzgebirgischen Beckens auf der übergreifenden Lagerung der Lettenstufen, bezüglich der Tuffe, auf den älteren Stufen des Rotliegenden, — am Nordrande auf einer Verwerfung.“[4]) Das obere Tuffrotliegende ist auf Sektion Zwickau „teils wegen übergreifender Überlagerung durch das obere Rotliegende an der Oberfläche nicht wahrzunehmen“.[5]) Das Oberrotliegende reicht auf Sektion Glauchau in übergreifender Lagerung bis an den nördlichen Rand des Beckens.[6]) In der Längsrichtung des Beckens ist nach O, nach dem Beckenanfang zu, anscheinend keine Transgression jüngerer Stufen über ältere auf Grundgebirge festzustellen[7]), wohl aber im W bei Meerane. Hier nimmt das untere erzgebirgische Rotliegende von O her „stetig bis zum gänzlichen Verschwinden ab“. „Weiter nach NW verschwindet auch die unterste Stufe des Oberrotliegenden (die Stufe der Schieferletten), so daß die nächst jüngere Etage (die Stufe der kleinstückigen Konglomerate) unmittelbar an das Tettauer Silur grenzt.“[8]) Im nördlichen Teile des Beckens, bei Altenburg, greift die hangendste Stufe des Oberrotliegenden über die mittlere über. Bei Altenburg ist nur die erstere, die Stufe der dolomitischen Sandsteine entwickelt.[9])

---

[1]) MIETZSCH, Hauptverz. 1877, b), S. 19 u. 43.

[2]) MIETZSCH, Hauptverz. 1877, a), S. 50.

[3]) DALMER, Hauptverz. 1881, S. 53.

[4]) CREDNER, a. a. O., S. 118.

[5]) H. MIETZSCH, Hauptverz. 1877, b), S. 131.

[6]) H. MIETZSCH, Hauptverz. 1877, a), S. 49; siehe auch SIEGERT und STERZEL, Hauptverz. 1881, S. 134.

[7]) CREDNER, a. a. O., S. 117.

[8]) SIEGERT, Hauptverz. 1882, S. 4 u. 5.

[9]) DAMMER, Hauptverz. 1903, S. 319 u. 320.

Auf Blatt Waltersdorf fehlt die Steinkohlenformation auch unter Tage vollkommen, während sie östlich davon bei Zwickau noch 400 m mächtig ist; ebenso fehlen hier die bei Zwickau noch auftretenden Schichten der untersten Stufe des Rotliegenden völlig.[1]) Die Unterstufe des Oberrotliegenden „streicht nicht, wie man vermuten könnte, am Außenrande des Beckens aus, wird hier vielmehr von den weiter übergreifenden Konglomeraten der Mittelstufe bedeckt; erst weiter nach dem Inneren des Beckens zu tritt sie in den Talsohlen und unteren Teilen der Gehänge zutage“ (a. a. O., S. 31). Am westlichen Beckenrande grenzt Oberrotliegendes direkt an Kambrium. Auch auf Blatt Greiz lagert Rotliegendes übergreifend auf Grundgebirge ohne Steinkohlenformation, während diese östlich davon auf Planitz—Ebersbrunn noch eine hervorragende Bedeutung besitzt.[2]) Auch hier bedeckt schließlich Oberrotliegendes direkt das Grundgebirge. Daß gleichzeitig der Beckengrund von Zwickau aus nach W ansteigt, zeigt das Bohrloch von Fraureuth dicht jenseits der Ostgrenze von Blatt Greiz. Hier wurde schon in 311 m Tiefe Rotliegendes auf Grundgebirge gefunden, während der Beckengrund bei Zwickau noch 900 m tief liegt. Auch auf Blatt Ronneburg finden wir Oberrotliegendes direkt auf Silur. So herrscht also zwischen der Oberfläche des Grundgebirges, den Schichtflächen des Karbons und des Rotliegenden deutliche Diskordanz. Daraus folgt, daß die Mulden- oder Beckenform des Untergrundes ursprünglich, d. h. schon vor der Ablagerung des Oberkarbons bzw. Rotliegenden, vorhanden war, und daß die muldenförmige Lagerung der Ausfüllungsmassen zum Teil schon durch die Beschaffenheit des Untergrundes, nicht etwa erst nur durch spätere Faltung verursacht worden ist.

Das Vorkommen sowohl von Gesteinen des Granulitgebirges als auch von solchen des Erzgebirges als Geschieben in den Konglomeraten des Rotliegenden beweist, daß im Rotliegenden sowohl im N wie im S des Beckens Erhebungen des Grundgebirges vorhanden waren, von denen aus ein Transport nach dem Becken hin stattfand.

In den Konglomeraten des oberen Rotliegenden finden sich,

[1]) Liebe und Zimmermann, Hauptverz. 1893, b), S. 29.
[2]) Liebe und Zimmermann, Hauptverz. 1893, a), S. 82.

je höher desto häufiger, Trümmer des älteren Rotliegenden. Es muß also das Gebiet des Beckens im Laufe des Rotliegenden nochmals in das Abtragungsniveau gehoben worden sein. Das Auskeilen älterer und das Transgredieren jüngerer Stufen am Beckenrande ist vielleicht in manchen Fällen nicht allein durch die Form des Beckens, sondern auch durch die Abtragung älterer Stufen bedingt. Doch herrscht bei den kartierenden sächsischen Geologen offenbar die Auffassung, daß das ältere Rotliegende von Anfang an durch die Gestalt des Ablagerungsraumes in seiner Verbreitung nach N und S hin begrenzt war. Die gegenteilige Auffassung scheint keine Stütze in den tatsächlichen Verhältnissen zu haben. Auch scheint kein Grund vorzuliegen zu der Annahme, daß mit der erwähnten Hebung eine muldenförmige Verbiegung des älteren Rotliegenden verbunden gewesen sei, wodurch dieses seine steilere Schichtstellung erhalten hätte.[1] Dies wird u. a. von dem Verfasser der Erläuterungen zu Blatt Lichtenstein festgestellt: „Da die Muldenform des Zwickauer Karbons bereits durch die Gestalt des Untergrundes bedingt ist, also eine ursprüngliche ist, so nimmt das Fallen der Schichten, welches in den tiefsten Flözen 10—20° beträgt, nach oben zu allmählich ab"[2]) und: „Da diese Muldenform zum Teil schon durch die Gestalt des Untergrundes der dieses Becken bildenden Formationen bedingt ist, so nimmt infolge der ursprünglich talförmigen Einsenkung das Fallen der Rotliegendschichten von unten nach oben nach und nach ab, so zwar, daß das Unterrotliegende am Südrand des Beckens bis 15°, am Nordrand bis über 20°, das Oberrotliegende nur noch 3—10° Neigung besitzt."[3]) Auch die „flachtellerförmige" Gestalt des Nebenbeckens von Flöha muß schon bei der Ablagerung des Oberkarbons bzw. Rotliegenden vorhanden gewesen sein, denn diese haben schwebende Lagerung und „sind in dieser ihrer ursprünglich schwebenden Schichtenlage bis heute fast ungestört geblieben".[4])

Die Oberfläche des Oberkarbons zeigt große Unebenheiten, unter denen bei Zwickau besonders ein 400 m mächtiger, flach-

[1]) H. Mietzsch, Hauptverz. 1877, a), S. 29 u. 49 und 1877, b), S. 42.

[2]) Mietzsch, Hauptverz. 1877, a), S. 24.

[3]) Mietzsch, a. a. O., S. 50 (wurde schon oben benutzt); auch Hauptverz. 1877, b), S. 19 u. 43.

[4]) Sauer usw., Hauptverz. 1881.

schildförmiger, unterirdischer Berg des Karbons hervortritt.[1]) Der Gipfel erhebt sich gegen 200 m über die an seinem westlichen Fuße liegenden Ausstriche der tiefsten Flöze, während er sich nach S zu an den erzgebirgischen Abfall anschließt. „An den flach abgeböschten Seiten dieser Erhöhung, welche zahlreiche Unebenheiten besitzen, gelangen nacheinander die Kohlenflöze nebst den sie begleitenden Schichten zum Ausstriche.[2])

Im Lugau—Ölsnitzer Kohlengebiet wird das Karbon ebenfalls durch eine Denudationsfläche abgeschnitten. Diese senkt sich „von dem südlichen Ausstriche des Karbons aus langsam nach Norden, schneidet also die flacher einfallenden Schichten der Steinkohlenformation schräg ab".[3]) „Ähnliche Denudationserscheinungen wie im eigentlichen erzgebirgischen Oberkarbon machen sich auch an demjenigen des Flöhaer Nebenbeckens bemerklich. Der bis fast nach Chemnitz und Lichtenwalde übergreifende westliche Rand desselben war bereits in einige hügelförmige Lappen zerschnitten, ehe das Rotliegende zur Ablagerung gelangte, aus welchem letzteren die ersteren am Zeisigwalde und am Gablenzbache hervortauchen, während sich bei Lichterwalde Konglomerate der unteren Rotliegendstufe in talartige Vertiefungen des Karbons einlagern."[4]) Auch finden sich Trümmer des Oberkarbons in Gestalt von Kohlenbruchstücken im untersten Rotliegenden. Sie sind zwar spärlich; die Zerstörungsprodukte sind offenbar meist in größere Entfernung weggeführt worden.[5])

Nach der Ablagerung des Oberkarbons und vor der des erzgebirgischen Rotliegenden fand also offenbar eine weitgehende Zerstörung des ersteren statt. Dieses war wohl ursprünglich auch auf der Nordseite vorhanden, wurde hier aber vollständig entfernt. Da nach STERZEL das erzgebirgische Rotliegende mit den Lebacher Schichten anhebt, also Äquivalente

---

[1]) DALMER, Hauptverz. 1885, S. 48 und REINISCH, Hauptverz. 1910, S. 125.

[2]) MIETZSCH, Hauptverz. 1877, a), S. 24.

[3]) Siehe Querschnitt durch Blatt Stollberg-Lugau von SIEGERT, Hauptverz. 1881.

[4]) CREDNER, Hauptverz. 1880, S. 106, 116 u. 117.

[5]) MIETZSCH, Hauptverz. 1877, a), S. 25.

der Kuseler Schichten fehlen, fällt die Zerstörungsarbeit in die Ablagerungszeit dieser letzteren.[1])

Wichtiger als die Oberfläche des Oberkarbons ist für uns die Beschaffenheit des Bodens der Grundgebirgsmulde. Zunächst betrachten wir ihn da, wo er die Unterlage des Oberkarbons bildet. In den Erläuterungen zu Sektion Schellenberg—Flöha ist die Rede vom „unregelmäßig geformten Beckengrund" des Flöhaer Nebenbeckens.[2]) Seite 81 heißt es von einem Aufschlusse: „Sie (nämlich die vorporphyrische Stufe der obersten Steinkohlenformation) bedeckt hier die unregelmäßige, mehr oder weniger wellig kuppige Oberfläche des mit 30—45° nach N fallenden Phyllites in fast horizontal liegenden Schichten." CREDNER stellt von der Lagerungsform der oberkarbonischen Schichten des Flöhaer Steinkohlenbeckens fest: Sie ist „eine schwebende, indem sie, die Unebenheiten ihres Untergrundes ausfüllend, sich dessen flachhügeligen Konturen anbequemen" (von mir gesperrt: der Verf.).[3])

Auf Sektion Stollberg—Lugau ist die Schichtenneigung des Karbons mannigfachen Schwankungen unterworfen, welche wesentlich die Folge größerer oder kleinerer Sättel und Mulden oder sonstiger Unebenheiten des die Basis bildenden Phyllites sind. An diese Buckel der Phyllitoberfläche hat sich das Karbon angelagert und zum Teil angeschmiegt, so daß sie sich in der Lagerungsform des letzteren deutlich widerspiegeln. Die Buckel sind allerdings fast stets von dem diskordant übergreifenden Rotliegenden verhüllt.[4]) Besonders wichtig ist ein nach N vorspringender Phyllitrücken am südlichen Beckenrande: „Diese erst erwähnte, nach NNW gerichtete Umbiegung der Steinkohlenschichten wird durch einen nach N vorspringenden Phyllitrücken bewirkt, an dessen Gehänge sich die Schichten der Steinkohlenformation anlagerten, dessen Kamm sie aber nur zum kleineren Teile zu bedecken vermochten. Über das Ganze, also über den Phyllitrücken und das angelagerte Karbon, hat sich das Rotliegende in diskordant übergreifender Lagerung ausgebreitet und verhüllt in nach N hin immer zunehmender Mächtigkeit (von mir gesperrt:

[1]) CREDNER, a. a. O., S. 115 u. 116.
[2]) SAUER, SIEGERT usw., Hauptverz. 1881, S. 76 u. 77.
[3]) CREDNER, Hauptverz. 1880, S. 105.
[4]) SIEGERT-STERZEL, Hauptverz. 1881, S. 15.

der Verf.) den unterirdischen Ausstrich der Steinkohlenformation und der kambrischen Basis."[1]) Kleine, nach NW vorspringende, seitliche, jochartige Ausläufer dieses Hauptrückens bedingen die Sättel des Karbons in der Nähe des Otto- und Einigkeitsschachtes usw.[2]) Die Unebenheit der Grundgebirgsoberfläche bedingt Mächtigkeitsschwankungen der ältesten Schichten des Oberkarbons: „Die Mächtigkeit der beschriebenen ältesten Schichten ist eine sehr wechselnde, was wesentlich der unregelmäßigen Oberfläche des Grundgebirges zugeschrieben werden muß" (a. a. O., S. 43). Ebenso greift bei Zwickau „eine devonische Schieferbarre von S her in das erzgebirgische Becken ein. Der Rücken ist durch aufgelagertes Rotliegendes verhüllt." Die Schichten der Steinkohlenformation und des Rotliegenden lehnen sich in flachgeneigter Lage an ihn an.[3]) Er erstreckt sich längs einer zwischen den Kirchtürmen von Planitz (Sektion Ebersbrunn) und Marienthal (Sektion Zwickau) verlaufenden Linie.

Nicht minder uneben scheint die Auflagerungsfläche des Rotliegenden auf Grundgebirge zu sein, so auf Sektion Chemnitz: „Infolge der geringen Mächtigkeit des außerdem durch Erosion vielfach zerschlitzten Randes des letzteren (nämlich des Rotliegendbeckens) treten zahlreiche Klippen und Kuppen der unteren, sowie der oberen Steinkohlenformation, an einem Punkte, südlich von Lichtenwalde auch der äußerste Ausläufer des Braunsdorfer Gneiszuges, aus der Rotliegendbedeckung hervor".[4]) Die untere Steinkohlenformation ist gefaltet, gehört also zum variskischen Gebirge. Auf Sektion Burkhardtsdorf südlich Chemnitz besitzen die unregelmäßigste Form „die Ausstriche des unteren Rotliegenden und der beiden Porphyrtuffe; bei dem ersteren mag dies teils eine Folge seiner ungleichförmigen Auflagerung auf dem oberflächlich unebenen und hügelig gestalteten Kambrium (von mir gesperrt: der Verf.) sein, teils durch die stellenweise übergreifende Überlagerung durch den unteren Porphyrtuff bedingt werden".[5])

---

[1]) A. a. O., S. 18; siehe auch das Querprofil des Beckens von SIEGERT.

[2]) A. a. O., S. 9.

[3]) MIETZSCH, Hauptverz. 1877, b), S. 19, 24 u. 43; DALMER, Hauptverz. 1885, S. 48.

[4]) SIEGERT und LEHMANN, Hauptverz. 1877, S. 2.

[5]) SIEGERT und SCHALCH, Hauptverz. 1879, S. 34.

Im Gebiete des Blattes Stollberg—Lugau sind lokale Abweichungen von der normalen Lagerung des Rotliegenden bei dem unteren Rotliegenden außer durch andere Umstände auch noch „durch die unregelmäßig gestaltete Auflagerungsfläche" bedingt. „Daß der Boden des Beckens, auf dem das Rotliegende zur Ablagerung gelangte, eine im Detail buckelige, hügelige Gestalt hat, ist durch die bergmännischen Untersuchungen und Abbauarbeiten wiederholt konstatiert worden."[1] Das Rotliegende bedeckt hier teils Oberkarbon, teils Phyllit.

Interessante Einzelheiten der Auflagerungsfläche des unteren erzgebirgischen Rotliegenden auf Grundgebirge und Oberkarbon enthalten die Erläuterungen zu Sektion Chemnitz:

1. In den Pingen der Kalkbrüche von Niederrabenstein (westlich Chemnitz, Nordrand des Beckens: der Verf.) überlagern „rote lettige Sande mit vielen kleinen Fragmenten von Hornblendeschiefer und Phyllit und großen gerundeten Granulitgeschieben" „diskordant die durch Erosion undulierte Oberfläche des archäischen Hornblendeschiefers und Kalksteines (von mir gesperrt: der Verf.) mit einer wechselnden Mächtigkeit von 3—6 m und einem steilen südöstlichen Einfallen und werden nach S zu von dem unteren Porphyrtuff bedeckt".

2. „An mehreren Stellen südlich von Lichtenwalde (nordwestlich Flöha, nordöstlich Chemnitz: der Verf.) überlagert das Granulit- und braunen Quarzporphyr führende untere Rotliegende die Gehänge von rücken- und hügelförmigen Partien der unteren (also aufgerichteten: der Verf.) und oberen Steinkohlenformation und dringt in die talartigen Vertiefungen zwischen diesen ein" (siehe das Profil S. 36 der Erläuterungen zu Sektion Chemnitz).

3. In Gablenz (östlich Chemnitz: der Verf.) lagern sich im Bette des gleichnamigen Baches kalkige, rote und grünliche Letten und glimmerreiche lockere Sandsteine des unteren Rotliegenden an die dort und an der Mündung des Grundbachtales entblößte karbonische (wohl oberkarbonische: der Verf.) Klippe an und werden vom unteren Porphyrtuffe bedeckt."

4. Zwischen Bernsdorf und Reichenhain (südsüdöstlich von Chemnitz am Südrande des Beckens) . . . wurde die Grenze

[1]) Siegert und Sterzel, Hauptverz. 1881, S. 139.

zwischen Phyllit und Unterrotliegendem überfahren. Die ziemlich scharfe Grenzfläche besaß ein Streichen von N 60 O und ein Fallen von 45° gegen NW. Unmittelbar auf den 50° nach NW fallenden Phyllit folgte ein grobes, Quarz und Phyllit führendes, rotes Konglomerat, und auf dieses Sandsteine und Schieferletten in vielfacher Wechsellagerung und schwebender Lage.[1]) Hier überrascht die außerordentliche Steilheit der Grenzfläche. Aber auf Sektion Hohenstein wird dieselbe Neigung als vorkommend angegeben: „Die Auflagerungsfläche (nämlich des Rotliegenden), welche teils noch die ursprüngliche Fläche des Glimmerschiefergebirges sein, teils aber auch durch vordyassische Abrutschungen und Verwerfungen eine kompliziertere Form angenommen haben mag, besitzt meist eine viel größere Neigung als der über das Rotliegende zutage tretende südliche Abfall des Glimmerschieferrückens. Letzterer hat im Maximum etwa 20° Neigung, seine unterirdische Grenzfläche gegen das Rotliegende aber dürfte stellenweise mit 45° abstürzen."[2]) Es handelt sich hier um den Nordrand des Beckens. Die Abdachung des Grundgebirges längs dieses wird noch genauer beschrieben: „Daß ein solcher Steilabfall aber nicht längs der ganzen Grenze in gleicher Weise vorhanden ist, sondern daß die archäische Formation auch flache, sattelförmige Zungen nach S vorschiebt, ergibt sich aus der geringen Tiefe, in welcher ein in der Nähe von Ernsttal . . . ausgeführter Bohrversuch das Urgebirge erreichte. Während in dem vorhin erwähnten, nur 450 m vom Glimmerschiefer entfernten Beharrlichkeitsschachte das Rotliegende 425,46 m mächtig gefunden wurde, durchteufte man hier dasselbe trotz einer 1500 m betragenden Entfernung von der Glimmerschiefergrenze schon mit 175,6 m. Daraus würde sich an dieser Stelle eine Neigung von durchschnittlich 6—7° für die Grenzfläche ergeben" (a. a. O., S. 64). Im Norden der Sektion Lichtenstein treten südlich Kuhschappel Quarzitschiefer auf. „Von hier aus gegen Süd schießt die Oberfläche des Schiefergebirges unter einem Winkel von etwa 30° unter die diskordant darüber lagernden Schichten des Rotliegenden ein."[3]) Unregelmäßigkeiten der variskischen

---

[1]) Siegert und Lehmann, Hauptverz. 1877, S. 42 u. 43.

[2]) Siegert und Lehmann, Hauptverz. 1879, S. 63.

[3]) H. Mietzsch, Hauptverz. 1877, a), S. 3.

Unterlage rufen Lagerungsstörungen hervor: „Außer der durch übergreifende, ungleichmäßige Überlagerung hervorgebrachten Unregelmäßigkeit in dem Verlauf und der Breite der einzelnen Muldenränder der Rotliegendstufen werden gewisse Störungen des normalen Baues durch rückenförmige Erhebungen der Unterlage bewirkt. So bedingt der bei Wüstenbrand und Ernsttal nach S vorspringende Sattel der Glimmerschiefer- und Phyllitformation, daß die Glieder des mittleren und oberen Rotliegenden in einem großen Bogen gleichfalls nach S auslenken."[1]) Dieser Wüstenbrander Glimmerschiefervorsprung bewirkt zusammen mit dem Vorsprung der kambrischen Schiefer bei Niederwürschnitz (= Phyllit, siehe oben S. 98) auf der Südseite die schon oben erwähnte Verengung des Beckens in der Mitte der Sektion Stollberg—Lugau. Der Phyllitrücken von Niederwürschnitz, der von Oberkarbon und Rotliegendem bedeckt ist, wurde ebenfalls wiederholt erwähnt (u. a. S. 105).

Am nördlichen Beckenrande, auf dem Gebiete der Sektionen Glauchau und Lichtenstein, ist das Einfallen des Rotliegenden im allgemeinen der Muldenform des Beckens entsprechend südlich, aber die Lagerung ist doch vielfach, außer durch Verwerfungen, auch durch eine Faltung der Muldenflügel kompliziert. „Diese Falten machen sich als wellenförmig aneinandergereihte Sättel und Mulden, bald mehr, bald minder tief, nach der Mitte des erzgebirgischen Beckens zu bemerklich."[2]) In den Erläuterungen zu Sektion Lichtenstein werden vier Sättel beschrieben. „Zwischen diesen in das erzgebirgische Becken hereinragenden Sätteln liegen Mulden, in denen das Rotliegende seine größte Mächtigkeit erreicht."[3]) Daraus würde hervorgehen, daß die Mulden und Sättel vor der Ablagerung des Rotliegenden oder der in Betracht kommenden Stufe desselben entstanden sind.

Endlich sei noch die Auflagerungsfläche des Rotliegenden im westlichsten Teile des erzgebirgischen Beckens Gegenstand der Betrachtung, zunächst auf Blatt Waltersdorf: „Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß das Rotliegende dem Schiefergebirge übergreifend aufgelagert ist, obwohl in

[1]) Siegert und Lehmann, Hauptverz. 1879, S. 65.
[2]) Lehmann und Mietzsch, Hauptverz. 1878.
[3]) Mietzsch, Hauptverz. 1877, a), S. 52.

unserem Gebiete einzelne Aufschlüsse darüber nicht bestehen. Um so auffälliger ist es, daß über jene Grenzlinie hinüber weder das Rotliegende mit einzelnen isolierten Schollen westwärts hinweggreift, noch das Schiefergebirge ostwärts in der Tiefe der Talsohlen da und dort wieder zutage tritt. Die Auf- oder Anlagerungsfläche kann also auf Blatt Waltersdorf keine sehr flache sein."[1]) 60 m vom Ostrande des Blattes entfernt, in der alleräußersten SW-Ecke des Nachbarblattes Zwickau, stieß ein Bohrloch bei Fraureuth in 311 m Tiefe auf Oberdevon. „Gleichmäßigkeit des Fallens vorausgesetzt, würde dieses von der Rotliegendgrenze bei Waidmannsruhe auf Blatt Waltersdorf bis zu einem Bohrloch doch immer nur 5—6° betragen" (Erläut. Anmerkung S. 28). Der Anstieg des bei Zwickau wohl 900 m tiefen Beckengrundes von da bis Fraureuth dürfte etwa 3—4° betragen. Über die oberflächliche Grenze Grundgebirge—Rotliegendes auf Blatt Waltersdorf bemerken die Erläuterungen: „Wodurch der auffällige, vom Streichen der Schiefergebirgssättel und Mulden so abweichende Verlauf der mehrerwähnten Grenzlinie bedingt ist, läßt sich nicht mit Sicherheit sagen, vielleicht haben Verwerfungen dabei mitgewirkt, doch muß vorläufig ganz unentschieden bleiben, ob diese Verwerfungen sich vor oder nach der Rotliegendzeit ereignet haben" (S. 28). Auf Blatt Greiz ist die Abgrenzung des Rotliegenden gegen das Grundgebirge zuweilen etwas zweifelhaft, da auch das Grundgebirge manchmal von Eisenoxyd imprägniert ist. „Soweit man bei dieser . . . Unsicherheit ein Urteil über die Auflagerungsfläche des Rotliegenden abgegeben kann, war diese Fläche keine Ebene, sondern von früheren Auswaschungen her wellig bis furchig (von mir gesperrt: Verf.). Im allgemeinen jedoch hebt sie sich nach W und S heraus."[2])

Das Rotliegende des erzgebirgischen Beckens ist, auch da, wo es unmittelbar auf Grundgebirge aufruht, in einem großen Teile seines Verbreitungsgebietes nicht die älteste nach der Faltung gebildete Sedimentdecke; seine Unterlage ist also auch nicht die der ersten Decke, sondern eine Weiterbildung dieser. Doch dürfte letztere kaum ebener gewesen sein als die heutige Grundfläche des Rotliegenden, wie die Unebenheit der Unterlage des

---

[1]) Liebe und Zimmermann, Hauptverz. 1893, b), S. 28.
[2]) Liebe und Zimmermann, Hauptverz. 1893, a), S. 83.

heute noch erhaltenen Karbons beweist. Die Auflagerungsfläche des Rotliegenden des Beckens auf Grundgebirge ist die Fortsetzung der im ältesten Rotliegenden entstandenen Denudationsfläche, die das Oberkarbon nach oben abschneidet.

Wie ist nun die von Oberkarbon und Rotliegendem erfüllte Grundgebirgssenke im erzgebirgischen Becken entstanden? Dieses ist in eine Mulde des variskischen Gebirges eingesenkt. Es hat nach CREDNER eine zweimalige Faltung stattgefunden. Schon vor der Ablagerung des Kulms „hatte sich die Emportreibung der beiden, seine Flanken bildenden archäischen Striche vollzogen. Auf der anderen Seite beweist das steile Einfallen des südlichen Kulmflügels . . ., welches sich am nordöstlichen Ende der Hainichener Mulde zur senkrechten Schichtenstellung steigert, daß noch später ein nicht unbeträchtlicher Zusammenschub, und zwar von SO her, stattgefunden hat".[1]) Es fragt sich nun, ob die Grundgebirgsdepression allein durch diese Faltungen entstanden ist. Die Auflagerungsfläche des Rotliegenden wird als „welligfurchig", als „durch Erosion unduliert" geschildert. Im Flöhaer Nebenbecken liegt das Rotliegende in „talartigen Vertiefungen" des Oberkarbons, zwischen denen sich Hügel erheben. Es scheinen also e r o d i e r e n d e Kräfte tätig gewesen zu sein, und zwar wird wohl nur das Wasser als erodierender Faktor in Betracht zu ziehen sein. Das führt zu der Vermutung, daß die ganze von Rotliegendem erfüllte Mulde, wenigstens im nordöstlichsten Teile, ein von einem Flusse in das Oberkarbon und Grundgebirge eingefurchtes E r o s i o n s t a l darstelle. In der Tat macht die von Rotliegendem erfüllte Senke auf dem Querprofil durch das Becken auf Sektion Stollberg—Lugau (siehe die geologische Spezialkarte) und auch auf dem bei Chemnitz nach der Übersichtskarte von CREDNER durchaus den Eindruck einer flachen Erosionsrinne. Wenn die Ablagerung der ausfüllenden Sedimente ebenfalls in fließendem Wasser vor sich ging, so müßte sich ein Transport des Materials in der Längsrichtung des Beckens nachweisen lassen. Doch fand ich darüber keine Angabe in der Literatur.

Aber auch die Basis des Oberkarbons besitzt ein unregelmäßiges Relief und stellt eine Denudationsfläche dar. Die

---

[1]) CREDNER, Hauptverz. 1880, S. 103.

Kuppen und Rücken mit ihren seitlichen „jochartigen“ Ausläufern sind wohl ebenfalls durch Denudation oder Erosion herausmodelliert worden. Also stellte auch das Grundgebirgsbecken, in das sich die Sedimente des Oberkarbons einlagerten, nicht etwa lediglich einen durch die Einmuldung in variskischer Richtung entstandenen Hohlraum dar, sondern die Denudation oder Erosion hat letzteren Hohlraum weiter vertieft und ihm erst die endgültige Form gegeben. Bei der Gebirgsfaltung werden auch Spalten entstanden sein, an denen Einbrüche stattfanden. Derartige Verwerfungen können auch bei der Entstehung der Senke mitgewirkt haben, vielleicht auch nur dadurch, daß sie der Erosion die Richtung wiesen. Nach Credner fällt „die Modellierung der Kulmoberfläche durch Denudation vor die Zeit unserer produktiven Steinkohlenformation und somit in die Periode, wo anderwärts die Ostrau—Waldenburger Schichten zur Ablagerung gelangten“.[1]) Die Auffüllung der Vertiefungen der Kulmoberfläche erfolgte durch Sedimente vom Alter der Saarbrücker Schichten. In die oberkarbonischen Sedimente und deren variskische Basis wurde dann später das Rotliegendtal eingegraben, wohl in der Zeit, als sich anderwärts die Kuseler Schichten bildeten; die Ausfüllung dieses Tales begann mit den Äquivalenten der Lebacher Schichten. Nicht nur Sedimente nahmen daran teil, sondern auch strom- und deckenförmige Ergüsse von Melaphyr, Quarzporphyr und Pechstein, namentlich auch mächtige Tuffanhäufungen.[2]) So sehen wir, daß die Grundgebirgseintiefung keine einheitliche Entstehung hat, sondern dem Zusammenwirken verschiedener Kräfte ihre heutige Gestalt verdankt. Sie hat ein hohes Alter, denn die Ablagerung der Rotliegenden-Sedimente und wohl schon der oberkarbonischen fand bereits in einem muldenförmigen Becken des Grundgebirges statt.

b) Nordsächsisches Becken.

An den Nordwestflügel des mittelgebirgischen Sattels legen sich permische Massen an, die eine weite oberflächliche Ausdehnung gewinnen. Das Rotliegende setzt sich im Gegensatz zum erzgebirgischen Becken, wo es sich hauptsächlich aus Sedi-

---

[1]) Credner, Hauptverz. 1880, S. 106.

[2]) Credner, a. a. O., S. 109.

menten aufbaut, hier überwiegend aus vulkanischen Gebilden der Mittelrotliegendzeit, insbesondere aus Porphyr- und Porphyritdecken von großer horizontaler Ausdehnung, zusammen. Mit den Lavadecken wechsellagern Tuffe, Konglomerate, Kaolinsandsteine und Schieferletten. Das Oberrotliegende und der Zechstein sind in Form von Sedimenten entwickelt, die das ältere Rotliegende diskordant bedecken.

Bei Oschatz und Strehla erheben sich wieder aus variskisch gefalteten Massen aufgebaute Berge, und zwar stellen diese die Reste eines dritten, in variskischer Richtung ziehenden Grundgebirgssattels dar, die einen kristallinen Kern enthüllen, der südlich von Sedimentgesteinen flankiert ist. Von Strehla bis zum Kollmberge bei Oschatz ist der Zug der variskischen Berge oberflächlich nur von Diluvium, nicht von Rotliegendem unterbrochen. Hier dürfte der nordsächsische Sattel eine geschlossene Grenze für das Rotliegende bilden. Der Sattel läßt sich auch noch weiter nach SW verfolgen, aber nicht mehr als geschlossener Grenzwall für das Rotliegende, sondern nur in Gestalt isolierter Kuppen, die von dem Rotliegenden umlagert werden. Dazu gehören die Deditzhöhe bei Grimma, die Grauwacke von Otterwisch und Hainichen. Auch in der Gegend von Plagwitz bei Leipzig tritt eine Kuppe von Kulmgrauwacke bis hart an die Erdoberfläche heran.[1]) Das Rotliegende greift westlich des Kollmberges immer weiter über die Linie des Grauwackenzuges Hainichen—Oschatz hinaus und verliert sich nach N hin allmählich unter dem Diluvium. Durch Bohrungen ist es nach N zu über Leipzig bis in die Gegend von Halle verfolgt worden.[2]) Nach N hin zeigt also das Perm keine so geschlossene Begrenzung wie nach S. Nördlich von Altenburg vereinigt sich das Rotliegende des nordsächsischen Beckens mit dem des erzgebirgischen, und beide stehen jedenfalls mit dem des ostthüringischen Beckens (Gera) und wohl auch mit dem Halleschen Rotliegenden in Verbindung. Nördlich von Meißen auf Sektion Hirschstein lagert Buntsandstein unmittelbar auf Grundgebirge. Hier stehen wir also am Ostrande des nordsächsischen Permbeckens. So stellt sich also das Rotliegendareal von Nord-

[1]) K. Dalmer usw., Nachtrag 1892, S. 1 und Reinisch, Hauptverz. 1910, S. 124.

[2]) B. Kühn, Nachtrag 1906, S. 3.

sachsen als eine etwa nach WSW verlaufende, anfangs schmale, dann aber sich nach W hin stark verbreiternde, zu weiter Öffnung ausladende Bucht dar.

Die Schichten des Rotliegenden fallen am Südrande des Beckens mit geringer Neigung nach N, NW oder auch NO ein. In größerer Entfernung vom Beckenrande kommen die Schichten mehr und mehr horizontal zu liegen.[1] Auch die Auflagerungsfläche des Rotliegenden neigt sich nach den Profilen der geologischen Spezialkarten am südlichen Beckenrande im allgemeinen nach N; ob stärker als die Schichten oder ebenso flach, darüber fand ich in der Literatur keine bestimmten Angaben.

Die Schichten namentlich des ältesten Rotliegenden bilden innerhalb des Beckens einzelne Mulden bzw. Muldenbuchten, die seinen inneren Bau etwas mannigfaltiger gestalten. Die westlichste und zugleich eine der größten Buchten ist die Rochlitz—Frohburger oder auch Geithainer Bucht, die eine ziemlich tiefe Kerbe im Nordrand des sächsischen Mittelgebirges erzeugt. Ihr Sinus liegt bei Wechselburg, „von wo aus der eine Rand sich über Rochlitz nach Lastau in nördlicher, der andere in westlicher Richtung nach Kohren zieht". Ein riffartiger Vorsprung des Oberdevons in der Richtung Wüstenhain—Gnandstein bildet die Westgrenze der Bucht. Sie öffnet sich nach NW.[2] Nordöstlich davon auf Sektion Colditz sind die Glieder des Perms zu einer flachen Bucht angeordnet, die sich nach SW öffnet, also ähnliche Streichrichtung hat wie das Hauptbecken.[3] Von dieser durch einen schwachen Sattel getrennt, dehnt sich im östlichsten Teil des Beckens die Oschatz—Mügelner Muldenbucht aus, die nach O geöffnet ist. Die einzelnen Glieder des Perms und auch der untere Buntsandstein, von denen sie gebildet wird, besitzen synklinale Lagerung.[4])

Es fragt sich nun, ob die flache, muldenartige Vertiefung der Grundgebirgsoberfläche, in die wir heute die Laven und Tuffe sowie die eigentlichen Sedimente des Rotliegenden eingebettet finden, schon vorhanden war, bevor jene Laven empordrangen und jene Sedimente sich ablagerten, oder ob sie erst später entstanden

---

[1]) H. Credner, Hauptverz. 1880, S. 122; G. R. Credner und E. Dathe, Nachtrag 1879, S. 2; K. Dalmer, Nachtrag 1892, S. 11.

[2]) A. Rothpletz, Nachtrag 1878, S. 5.

[3]) A. Penck, Nachtrag 1879, S. 5 u. 6.

[4]) T. Siegert, Nachtrag 1885, S. 3.

ist. Streng genommen ist die Fragestellung in dieser Form nur für den nordöstlichen Teil angebracht, da nur hier die Mulde nach drei Seiten durch Grundgebirge abgeschlossen erscheint. Aber auch weiter im W wird man fragen, ob der heutige nördliche Abfall der Grundgebirgsoberfläche vom mittelsächsischen Sattel schon zu Beginn des Rotliegenden vorhanden war, ob damals schon das mittelsächsische Grundgebirge das nördliche Gebiet überragte und für die Bildungen des Rotliegenden nach S hin eine Schranke darstellte. Ragten ferner die isolierten Grundgebirgskuppen im N, die mitten im Rotliegenden aufsteigen, schon zur Entstehungszeit des letzteren als solche auf? Auch nach der Entstehung und dem Alter der Einzelbuchten, die von den Grenzflächen der permischen Ergüsse und den Schichtflächen der Sedimente gebildet werden, müssen wir fragen.

Wie in allen andern Rotliegendgebieten finden wir auch hier am Süd- und Ostrande des Beckens die Erscheinung, daß jüngere Glieder über ältere auf Grundgebirge übergreifen. Das untere Tuffrotliegende, mit dem das mittlere Rotliegende beginnt, überlagert „gleichförmig das untere Rotliegende, wie dies zwar nicht unmittelbar auf Sektion Frohburg, wohl aber auf anderen Sektionen wahrnehmbar ist. Jedoch ruht es auch häufig direkt, und zwar diskordant auf älteren, oberdevonischen und silurischen Schichten.“ Wichtig ist die Gleichförmigkeit der Bedeckung durch die übergreifende Stufe.[1]) Die gleiche Transgression wird auch für das Gebiet der Sektion Leisnig ausdrücklich festgestellt: „Das untere Rotliegende, welches noch auf der benachbarten Sektion Rochlitz unter den untersten Gliedern des mittleren Rotliegenden hervortritt, scheint auf Sektion Leisnig durch die letzteren in übergreifender Lagerung bedeckt zu sein und unter diesen an dem unterirdischen Gehänge der Phyllite und des Devon abzuschneiden“.[2]) Die untersten Rotliegendschichten, aus Tuffen, Konglomeraten, Sandsteinen und Letten bestehend, werden von mehreren räumlich getrennten Porphyritdecken überlagert, die dem gleichen geologischen Niveau angehören. Von zwei solchen Porphyritdecken, der von Kohren und Gnandstein und der nordöstlich von Kohren gelegenen, bemerkt Credner: „Beide lagern sich dem Phyllit des mittelgebirgischen Nordflügels meist

[1]) A. Rothpletz, Nachtrag 1878, S. 21.

[2]) G. R. Credner und E. Dathe, Nachtrag 1879, S. 22.

direkt auf, welcher die erstgenannte Decke an einzelnen Stellen sogar klippenförmig durchragt". „Auf diese Porphyritdecken folgen tonsteinartige Porphyrtuffe mit verkieselten Araukaritenstämmen, welch erstere (wohl Tuffe: der Verf.) sich dort, wo der Porphyrit fehlt, unmittelbar auf die Schiefer des Mittelgebirges lagern."[1]) Über diesen Tuffen beginnt eine Reihe von Decken von Quarzporphyr, die durch Sedimentzwischenlagen voneinander abgegrenzt sind. Die älteste wird von dem Leisniger Quarzporphyr gebildet. Von diesem heißt es in den Erläuterungen zu Sektion Leisnig: In der Umgegend von Koltzschen (SW-Ecke der Sektion) lagert er „konkordant den Konglomeraten und Tuffen des unteren Tuffrotliegenden auf und beteiligt sih an den mannigfachen lokalen Unregelmäßigkeiten der Lagerungsverhältnisse, welchen das letztere hier unterworfen ist. Daß die Porphyrdecke einst über ihre heutige südliche Grenze hinaus noch weiter nach S hinweggegriffen hat, beweisen isolierte, schollenförmige Reste jener Decke, welche direkt den Phylliten des sächsischen Mittelgebirges aufgelagert sind."[2])

Von dem Übergreifen des unteren Buntsandsteins am Ostrande des Beckens über das ganze Perm auf Granitit war schon oben die Rede.[3]) Die Mächtigkeit des Rotliegenden scheint nach SO hin bis zum vollständigen Auskeilen abzunehmen. So unterliegt es nach den Erläuterungen zu Sektion Rochlitz „keinem Zweifel, daß" die Mächtigkeit des unteren Rotliegenden „nach NW zu . . . immer bedeutender wird".[4]) Der Rochlitzer Berg besteht wesentlich aus einer Aufschüttung von Rotliegendtuffen. Darüber bemerken die Erläuterungen zu Sektion Rochlitz: „Daß aber das Rotliegende an dem äußersten Rande seines Verbreitungsgebietes, an welchem es sonst überall die höher und höher ansteigende Oberfläche der Schiefer mit abnehmender Mächtigkeit zu bedecken und sich so allmählich auszukeilen pflegt (von mir gesperrt: der Verf.), gerade hier in auffallender Weise mit der bedeutenden Mächtigkeit von über 100 m plötzlich und jäh abschneidet, hat seinen Grund in der durch ihre Entstehungsweise bedingten lokalen Anhäufung

---

[1]) H. Credner, Hauptverz. 1880, S. 122 u. 123.

[2]) G. R. Credner und E. Dathe, Nachtrag 1879, S. 42; siehe auch H. Credner, Hauptverz. 1880, S. 123.

[3]) Th. Siegert, Nachtrag 1889, S. 21.

[4]) A. Rothpletz und E. Dathe, Nachtrag 1877, S. 33.

mächtiger Tuffmassen".[1]) Die Konglomerate des unteren und auch noch des oberen Rotliegenden führen die Gesteine des Granulitgebirges als Geschiebe.[2]) Diese Angaben dürften den Schluß rechtfertigen, daß Teile des mittelsächsischen Sattels in der ganzen Rotliegendzeit Abtragungsgebiet waren und eine höhere Lage hatten als das nördlich gelegene Grundgebirge, das sich mit Sedimenten bedeckte und über dem sich die Tuffe und Laven der Vulkane ausbreiteten. Sie bildeten offenbar eine Ablagerungsgrenze für die Sedimente des Rotliegenden und lieferten Material für die letzteren.

Wir nehmen die Gelegenheit wahr, die Auflagerungsfläche des Rotliegenden, die Grundgebirgsoberfläche, die sich hier am Südostrande des Beckens am meisten enthüllt, näher zu betrachten. Daß die Oberfläche der Schiefer an der südlichen Verbreitungsgrenze des Rotliegenden höher und höher ansteigt, während die Mächtigkeit des letzteren sich verringert, hörten wir eben schon, ebenso daß auf Sektion Leisnig an dem unterirdischen Gehänge der Phyllite und des Devons das untere Rotliegende abzuschneiden und von dem mittleren Rotliegenden übergreifend bedeckt zu sein scheint. Die eine von den unteren Porphyritdecken des mittleren Rotliegenden, die sich dem Phyllite des mittelgebirgischen Nordflügels meist direkt auflagern, wird nach CREDNER von dem Phyllite „an einzelnen Stellen sogar klippenförmig durchragt" (von mir gesperrt: der Verf.).[3]) Auf Sektion Rochlitz bilden die Dach- und Quarzitschiefer der Phyllitformation „eine breite, sich von der SW- nach der NO-Ecke der Sektion hindurchziehende Zone, welche zwar eine durchschnittliche Mächtigkeit von 1500 m besitzt, aber in ihren hangenden Partien zumeist von dem Rotliegenden diskordant überlagert wird, aus dem sie nur in Form isolierter Kuppen, wie im Dölitzschen Grund, bei Noßwitz und Stollsdorf herausragt" (von mir gesperrt: der Verf.).[4]) Infolge der Unebenheit der Grundgebirgsoberfläche ist die Mächtigkeit des unteren Rotliegenden großen Schwankungen unterworfen: „Die Mächtigkeit dieser Etage ist eine sehr schwankende, wie dies wegen ihrer diskordanten Lage-

[1]) A. ROTHPLETZ und E. DATHE, Nachtrag 1877, S. 2.
[2]) A. ROTHPLETZ und E. DATHE, a. a. O., S. 32 u. 55.
[3]) H. CREDNER, Hauptverz. 1880, S. 122.
[4]) A. ROTHPLETZ und E. DATHE, Nachtrag 1877, S. 22.

rung auf der Schieferformation nicht anders erwartet werden kann".[1]) Eine flüchtige Skizze der Grundgebirgsoberfläche in Höhenschichten nach den geologischen Spezialkarten (Sektionen Frohburg, Rochlitz und Penig) zeigte mir, daß diese Fläche zwar im allgemeinen nach dem Tiefsten der Geithainer Bucht einfällt, aber daß die Höhenkurven nicht etwa eine einfache Buchtlinie, sondern abwechselnd Vorsprünge und Einschnitte bilden. So scheinen zwischen den in das Innere der Bucht vorspringenden Rücken Rinnen eingetieft zu sein, und zwar zuweilen mit recht steilen Hängen. Eine sorgfältigere, auf genauerer Kenntnis, als ich sie besitze, beruhende Darstellung könnte wohl noch interessante Einzelheiten des Reliefs aufdecken.

Das Aufragen des Grundgebirges in Form kleiner Klippen durch das Rotliegende hindurch wird auch auf Sektion Leisnig beobachtet. Die Erläuterungen bemerken von dem Rotliegenden: „Seine im allgemeinen, und zwar sehr flach nach NO einfallenden Schichten legen sich diskordant auf Phyllite, devonische Schiefer und Grauwacken, welche hie und da in Form kleiner Klippen aus dem Gebiete des Rotliegenden herausragen" (von mir gesperrt: der Verf.).[2]) Diese Unebenheiten beeinflussen die Lagerung des Rotliegenden: „Es lagert das untere Tuffrotliegende diskordant und übergreifend auf den Schichtköpfen der steil aufgerichteten Schiefer des sächsischen Mittelgebirges, auf dessen nach NW sich verflachendem Abfalle. Dementsprechend besitzen die Schichten des unteren Tuffrotliegenden ein flaches, nach NW gerichtetes Einfallen. Im einzelnen jedoch bedingen Unebenheiten des Schieferuntergrundes lokal unregelmäßige, verwickeltere Lagerungsverhältnisse (von mir gesperrt: der Verf.), welche, wie namentlich nördlich von Koltzschen, in mehrfachen sattel- und muldenförmigen Schichtstellungen ihren Ausdruck finden."[3]) Es werden dafür Beispiele angeführt: a) durch das nordöstlich von Koltzschen in das Erlbachtal (Erlbach, ein Zufluß der Zwickauer Mulde) aus SO einmündende Seitentälchen ist ein vom unteren Tuffrotliegenden gebildeter Sattel angeschnitten, der in der Richtung der Schlucht streicht, und dessen Flügel ein beiderseitiges Gefälle von 15° besitzen. „Auf dem Grunde der Schlucht tritt unter den Tuff-

[1]) A. ROTHPLETZ und E. DATHE, a. a. O., S. 2.
[2]) G. R. CREDNER und E. DATHE, Nachtrag 1879, S. 2.
[3]) G. R. CREDNER und E. DATHE, a. a. O., S. 34.

bänken eine 3 m hohe Klippe von Phyllit hervor, dessen Schichten nach N 70°O streichen und mit 60° gegen NW fallen." In den Erläuterungen nimmt Vf. offenbar an, daß dieser Sattel nicht tektonisch, sondern bei der Auflagerung der Rotliegendsedimente durch mantelförmige Umhüllung einer Klippe des Phyllites entstanden sei. b) „Zwischen dieser und der nächstoberen Seitenschlucht des Erlbachtales tritt am linken Gehänge des letzteren unter den groben Konglomeraten des unteren Tuffrotliegenden nochmal eine Klippe von Phyllit hervor, mantelförmig von jenen umlagert." c) „Dasselbe Verhältnis wiederholt sich in dem nächsten von SO herabkommenden Seitentälchen des Erlbachtales."[1]

Im östlichen Teile des Beckens, auf Sektion Lommatzsch—Stauchitz, treten nahe dem Ostrande der Sektion als älteste Gesteine „einige isolierte Partien von Gneis und kristallinischen Schiefern auf, an welche sich nach NW und SW hin sporadische kuppenförmige Überreste von obersilurischen Ton- und Kieselschiefern reihen". Diese werden diskordant von permischen Laven und Sedimenten bedeckt.[2] Die Oberfläche der silurischen Gesteine, die zu einer Mulde gefaltet sind, zeigt nun eine sehr unregelmäßige Beschaffenheit: „Die Silurformation scheint hier zwischen der Phyllitformation des mittelgebirgischen Granulitgebietes einerseits und den archäischen Komplexen des Strehlaer Sattels andererseits eine steil zusammengepreßte Mulde mit ungefähr nordost—südwestlichem Streichen zu bilden, deren Schichtköpfe infolge einer tiefgreifenden, vor der Ablagerung des Rotliegenden jedoch schon beendeten Erosion eine sehr unregelmäßig gestaltete Oberfläche erhalten haben, die sich zu einzelnen isolierten Rücken und Kuppen erhebt. Die Einsenkungen zwischen diesen wurden von den Ablagerungen des Rotliegenden ausgeglichen" (von mir gesperrt: der Verf.)[3]

Auf der östlichen Nachbarsektion Hirschstein hat sich das Perm ausgekeilt, und Sandsteine, Schieferletten und Konglomerate des unteren Buntsandsteins ruhen mit horizontaler oder schwach geneigter Lage unmittelbar auf dem Granitit. „Die Oberfläche des Granitites hat bereits vor der Ablagerung des Bunt-

[1] A. a. O., S. 34.
[2] TH. SIEGERT, Nachtrag 1886, S. 1.
[3] A. a. O., S. 6 u. 7.

sandsteins eine sehr unebene Gestaltung besessen, infolge deren der Granitit einerseits in einzelnen kleinen Kuppen durch den Buntsandstein hindurchragt, andererseits aber sich neben demselben zu einem bedeutend höheren Niveau erhebt" (von mir gesperrt: der Verf.).[1])

Die Porphyrgesteine der Sektion Meißen bilden nach SAUER „die ältesten ausgedehnteren Eruptionsherde des nordsächsischen Porphyrareals". Die Tuffe im Liegenden der Pechstein-Porphyrdecke liegen „als älteste Bildungen der Porphyrformation" dem Grundgebirge unmittelbar auf. Die Beobachtung SAUERS, daß zwei Tuffaufschlüsse „durch einen flachen Syenitbuckel" voneinander getrennt sind, sei hier angeschlossen, da sie die Unebenheit der Auflagerungsfläche der Tuffe zeigt.[2])

Im NO der Sektion Oschatz—Mügeln tritt das Silur „in kleinen Kuppen an die Oberfläche und wird umsäumt und weiterhin völlig bedeckt vom Rotliegenden". „Die jetzige kuppen- und rückenförmig gestaltete Oberfläche haben diese Silurpartien schon zur Zeit des Rotliegenden besessen (von mir gesperrt: der Verf.), da dieses zwischen die Silurbuckel abgelagert worden ist und dieselben umsäumt und trennt."[3])

Die Grauwacke der Deditzhöhe östlich Grimma erhebt sich ebenfalls als isolierte Kuppe des Grundgebirges über das Rotliegende der Umgebung. Dieses stellt hier „einen mächtigen, fast lediglich aus Porphyren aufgebauten Komplex" dar. „Derselbe fällt mit einer geringen Neigung nach NW und erleidet durch die ihn durchstoßende Grauwackenkuppe keine nachweisbaren Störungen seiner Lagerungsverhältnisse. Jene muß also bereits während der Dyaszeit ein einzeln aufragender Bergkegel gewesen sein" (von mir gesperrt: der Verf.).[4])

Bei den Klippen gefalteter Grauwacke von Otterwisch, Zschocher und Hainichen macht wohl die Verschüttung durch Diluvium ein derartig bestimmtes Urteil unmöglich, aber es ist bei der Analogie der Verhältnisse wohl mehr als wahrscheinlich, daß diese Grauwackenklippen ebenfalls schon in der Rotliegendzeit entweder eine zusammenhängende Erhebung oder

---

[1]) TH. SIEGERT, Nachtrag 1889, S. 20.
[2]) A. SAUER, Nachtrag 1889, S. 4 u. 72.
[3]) TH. SIEGERT, Nachtrag 1885, S. 1 u. 3.
[4]) A. PENCK, Nachtrag 1880, S. 4.

einzelne Kegel gebildet haben, die vom Rotliegenden umlagert wurden.[1])

Eine ähnliche Erhebung bildete vielleicht die angeblich silurische Grauwacke, die auf Sektion Leipzig in der Gegend von Plagwitz, „kuppenartig sich erhebend", bis hart an die Erdoberfläche herantritt, während sonst im gesamten Gebiete der Sektion eine nicht selten bis 100 und mehr Meter mächtige Decke von Diluvium die paläozoischen Gesteine in der Tiefe verdeckt. An diese Grauwacke „legen sich mit diskordanter Auflagerung Letten und Konglomerate der Rotliegendformation an". Jedenfalls besaß die Grauwacke schon vor der Bildung des Rotliegenden eine unebene Oberfläche, denn „in Vertiefungen des Grauwackenuntergrundes von Plagwitz" kommen „kleine, wenig mächtige, lappenartige Reste des Rotliegenden vor".[2])

Der vielgipfelige Rücken, mit dem südwestlich von Leipzig die nördliche Sattelzone beginnt, besteht indes nach neueren Untersuchungen „in seinem unteren Teile aus steil aufgerichteten Kulmgrauwacken und diskordant darüberliegenden, fast horizontalen Konglomeraten, Sandsteinen, Letten des obersten Karbon". Die gleichen Verhältnisse wiederholen sich in den übrigen Teilen des Grauwackenzuges; so ist z. B. der Kollmberg bei Oschatz aus Kulmgrauwacken aufgebaut.[3])

Diese Grauwackenvorkommen stellen Reste des nordsächsischen Grundgebirgssattels dar. Am deutlichsten tritt dieser jedoch in den hauptsächlich aus Graniten, Gneisen und kristallinischen Schiefern aufgebauten, isoliert aus der Ebene aufsteigenden Strehlaer Bergen und in dem südlich vorgelagerten Grauwackenzug vom Kollmberg bei Oschatz bis zum Käferberg und darüber hinaus zutage. Während dieser Sattel westlich davon offenbar schon in der Rotliegendzeit zu isolierten Kuppen reduziert war, dürfte er hier nördlich der Linie Oschatz—Strehla damals noch einen geschlossenen Gebirgswall gebildet haben, um den das Rotliegende zwar westlich herumgriff, über den hinaus es sich aber nach N hin nicht entwickeln konnte.[4])

---

[1]) A. Sauer, Nachtrag 1881, S. 1; J. Hazard, Nachtrag 1881, S. 2.

[2]) K. Dalmer usw., Nachtrag 1882, S. 1 u. 3.

[3]) P. Wagner, Nachtrag 1909, S. 506.

[4]) J. Hazard, Nachtrag 1888, S. 2; F. Schalch, Nachtrag 1888, S. 1; G. Klemm, Nachtrag 1889, S. 2.

So war also jedenfalls das flache, nach W offene Becken, das heute die Grundgebirgsoberfläche im östlichen Teile des nordsächsischen Rotliegendgebietes bildet, im wesentlichen schon vorhanden, als das Rotliegende sich bildete. Es ist nicht etwa erst durch jüngere tektonische Vorgänge, wie Einbrüche oder Faltungen, entstanden. In dieses Becken ergossen sich die Lavaströme des mittleren Rotliegenden. Die Art der Entstehung des Beckens wird sich nicht mit Sicherheit angeben lassen. Wie der Hauptteil des erzgebirgischen Beckens, besitzt es annähernd variskisches Streichen und liegt über einer Mulde des Grundgebirges. Man wird also annehmen dürfen, daß die oberflächliche Mulde, die durch die Aufwölbungen im SO und NW entstanden war, die erste Anlage zu dem späteren Becken gebildet hat. Diese Mulde wurde aber in der Folgezeit stark umgestaltet, wohl durch terrestrische Abtragung. Der mittelsächsische Sattel und das östlichste Stück des nordsächsischen blieben als geschlossene Gebirgsketten erhalten; dagegen wurde der westliche Teil des letzteren offenbar bis auf einzelne Kegel oder Kuppen zerstört. Die Oberfläche des Grundgebirges bekam durch die Abtragung eine recht unregelmäßige Gestalt. Die Produkte der Zerstörung wurden wohl zum größeren Teile nach W oder N fortgeführt, zum kleineren Teile halfen sie das Becken ausfüllen. Den Hauptanteil an der Auffüllung nahmen aber mehrere sich übereinander schichtende, durch Tufflagen getrennte Lavaströme, die sich weithin über die Erdoberfläche ausbreiteten.

Es ist noch die Frage nach der Entstehung und dem Alter der einzelnen Teilbuchten unbeantwortet. Die Geithainer Muldenbucht wird hauptsächlich vom älteren Rotliegenden gebildet. Die Neigung der Schichten ist gering, die Mulde also sehr flach. Die Oberfläche des mittleren Rotliegenden ist sehr uneben. Das Oberrotliegende erfüllt Vertiefungen dieser Abtragungsfläche und wird von Erhebungen der Fläche durchragt. Es muß also das Gebiet vor Ablagerung des Oberrotliegenden gehoben und einer energischen Abtragung ausgesetzt worden sein. Als Produkte dieser Abtragung finden sich zahlreiche Porphyrgeschiebe in den Konglomeraten des Oberrotliegenden. Das letztere ebnet das Innere der Muldenbucht in schwebender Lagerung aus. Auch der obere Zechstein, der sich dem Oberrotliegenden konkordant anschließt, besitzt fast horizontale, nur ganz wenig nach NW

geneigte Lage.[1]) Das untere und mittlere Rotliegende muß also die muldenförmige Schichtstellung schon vor der Ablagerung des Oberrotliegenden erhalten haben. Ob nun diese Muldenform schon durch Einlagerung in eine vorgebildete Bucht der Grundgebirgsoberfläche oder erst durch eine nachträgliche Verbiegung, die etwa mit der Hebung am Ende des mittleren Rotliegenden zusammenhing, hervorgebracht wurde, wage ich auf Grund der mir zugänglichen Literatur nicht zu entscheiden, obwohl es nach den Erläuterungen zu Sektion Rochlitz keinem Zweifel unterliegt, daß die Mächtigkeit des unteren Rotliegenden nach NW, mit der Erweiterung der Bucht Hand in Hand gehend, immer bedeutender wird.[2]) Noch schwieriger ist die Entscheidung bei den weiter östlich folgenden Buchten, der auf Sektion Colditz und der von Oschatz—Mügeln. Nur am Aufbau der letzteren nehmen auch Zechstein und Buntsandstein teil. Das Oberrotliegende ist auch hier vom mittleren durch eine sehr unebene Abtragungsfläche getrennt, weist aber selbst synklinale Lagerung auf und ebenso die gleichförmig aufgelagerten Sedimente des Zechsteins und unteren Buntsandsteins. Die muldenförmige Schichtstellung der letzteren könnte hier außer durch die Muldenform der Grundgebirgsoberfläche etwa durch Einlagerung in einer flachen, tellerförmigen Vertiefung der Oberfläche des mittleren Rotliegenden oder auch durch eine jüngere Faltung hervorgebracht worden sein. Bestimmte Anhaltspunkte zu einer Entscheidung konnte ich in der Literatur nicht finden. Wegen der Zerstörung, die das ältere Rotliegende schon vor Ablagerung des jüngeren erlitten hat, wird man auch nicht sicher feststellen können, ob die nordsächsische Grundgebirgssenke schon in der frühen Rotliegendzeit nach O hin geschlossen oder offen war. Denn es ist denkbar, daß das ältere Rotliegende sich weiter nach O ausgebreitet hat und die heutige Begrenzung erst durch eine Abtragung vor der Entstehung des Oberrotliegenden erhalten hat.

Nachtrag.

Die vorstehenden Ausführungen über das erzgebirgische und nordsächsische Becken schließen sich der ursprünglichen Auf-

---

[1]) H. Credner, Hauptverz. 1880, S. 26; auch A. Rothpletz, Nachtrag 1878, S. 6 und A. Rothpletz und E. Dathe, Nachtrag 1877, S. 45 u. 55.

[2]) A. Rothpletz und E. Dathe, Nachtrag 1877, S. 33.

fassung von CREDNER an, nach der das Granulitgebirge und nordsächsische Grundgebirge variskische Sättel darstellen. Eine neuere Anschauung ist die, daß die Aufwölbung der Grundgebirgsschichten durch Tiefengesteinslakkolithe bewirkt worden sei. Diese Unterschiede der Auffassung hängen mit dem Gegenstand unserer Arbeit nicht unmittelbar zusammen; sie bedingen nur eine Änderung im Ausdruck, nicht in der Sache selbst, um die es sich hier handelt.[1])

c) Rotliegendbecken von Döhlen.[2])

Es erstreckt sich südwestlich von Dresden von NW nach SO, also ungefähr parallel zum Elbtal, in einer Länge von 20 km (BECK, a. a. O.). Die Mächtigkeit des heute noch erhaltenen Rotliegenden beträgt etwa 600 m.[3]) Die Breite schwankt zwischen 4 und 7 km; am breitesten scheint es in der Mitte zu sein, etwa 7 km. Tiefe zu Breite zu Länge verhalten sich also etwa wie 6:60:200. Als seitlicher Böschungswinkel ergäbe sich daraus an der Stelle der größten Breite etwa $9^1/_2{}^0$. Es ist mit Unterrotliegendem und Mittelrotliegendem ausgefüllt. Ersteres führt Steinkohlen und wurde deshalb von H. B. GEINITZ noch irrtümlich zum Karbon gestellt. Die Mächtigkeit des Unterrotliegenden nimmt nach der Mitte des Verbreitungsgebietes zu. Das Mittelrotliegende greift am Rande (ohne Diskordanz?: der Verf.) über das Unterrotliegende hinweg. Daher muß die Ablagerung des Rotliegenden schon ursprünglich in einer „flach-beckenförmigen Vertiefung des Schiefergebirges und Syenites erfolgt sein".[4]) Durch eine mit der Beckenachse annähernd gleichgerichtete Grundgebirgsbarre, einen Schieferrücken, wird von dem Hauptbecken das parallellaufende Nebenbecken von Hainsberg—Quohren abgetrennt. Es erstreckt sich südwestlich von dem Hauptbecken. Der trennende Schieferrücken verläuft meist unterirdisch. Zwischen Deuben und Niederhäßlich beginnt er sich herauszuheben. Zuerst macht er sich in der allmählichen

---

[1]) P. WAGNER, Nachtrag 1909, S. 506.

[2]) Vgl. dazu: BECK, Hauptverz. 1891 u. 1892; SAUER und BECK, Hauptverz. 1891; KLEMM, Hauptverz. 1892; BECK und HAZARD, Hauptverz. 1893; DALMER und BECK, Hauptverz. 1894; auch LEPSIUS, Hauptverz. 1910, S. 96 u. 97.

[3]) REINISCH, Hauptverz. 1910, S. 134.

[4]) DALMER und BECK, Hauptverz. 1894, S. 42.

Aufrichtung der Steinkohlenflöze beim Fortschreiten nach S bemerkbar. Von hier aus läßt er sich in südöstlicher Richtung bis in die Gegend von Possendorf verfolgen, wo er in dem aus Quarzit und Chloritgneis der Phyllitformation bestehenden, 320 m hohen Spitzberge die Erdoberfläche erreicht. Anfangs wird nur das Unterrotliegende von dem Rücken durchragt und abgeschnitten, während das Mittelrotliegende in schwebender Lagerung darüber hinweggreift. Im Gottessegenschacht bei Wilmsdorf traf man kein Unterrotliegendes an, sondern über dem Phyllit lag direkt Mittelrotliegendes mit horizontalen oder unter 2° nach W einfallenden Schichten. Weiter nach S mit wachsender Höhe durchragt er schließlich auch noch das Mittelrotliegende. An den Gehängen des Spitzberges, wo er die Tagesoberfläche erreicht hat, sieht man die Sandsteine und Tonsteine der oberen Stufe des Mittelrotliegenden unmittelbar auf den Gesteinen der Phyllitformation ruhen.[1]) Man erkennt, daß der Schieferrücken älter ist als die Sedimentdecke, die er trägt; er muß schon vor der Ablagerung des Unterrotliegenden vorhanden gewesen sein. Allerdings blieb er nicht ganz unverändert; sein nordöstlichster Abhang wurde durch eine Verwerfung abgeschnitten. „Im äußersten SO, bei Lungwitz, wird die Trennung beider Mulden durch den hier in das Rotliegende eingreifenden Vorsprung von Urgebirge bewirkt, welcher ziemlich genau in der Streichrichtung jenes Schieferrückens gelegen ist.“ Der aus Gneis und Chloritschiefer bestehende Vorsprung erhebt sich im Kohlberg zu fast 320 m Höhe und verursacht eine tiefe Einkerbung im SO-Rande des Rotliegendgebietes. Wahrscheinlich besteht zwischen ihm und dem Spitzberge bei Possendorf eine unterirdische Verbindung.[3]) Die Vermutung liegt nahe, ob hier nicht ein Fall von Gabelung eines Rotliegendtales vorliegt, doch möchte ich mit Rücksicht auf meine ungenügende Kenntnis der geologischen Literatur der Gegend diese Meinung nur unter Vorbehalt äußern. Eine interessante Angabe über die Beschaffenheit der Auflagerungsfläche des Unterrotliegenden enthalten die Erläuterungen von Sektion Tharandt.[3]) Die Unterlage wird vom unteren Silur, dem Kambrium und der Phyllitformation gebildet. Das untere

---

[1]) Sauer und Beck, Hauptverz. 1891, S. 48 und Beck, Hauptverz. 1892, S. 26, 27 u. 42.

[2]) Beck, Hauptverz. 1892, S. 42.

[3]) Sauer und Beck, Hauptverz. 1891, S. 48.

Silur enthält Diabastuffe. „Die Oberfläche der Diabastuffe bildet in der Gegend des Augustusschachtes mehrere flache Buckel, deren Umrissen sich das aufgelagerte untere Rotliegende mit seinen Steinkohlenflözen im allgemeinen anschmiegt."

Ebenso wie der Schieferrücken sind auch die beiden Becken älter als das Unterrotliegende. Im Hauptbecken wachsen indes die Neigungen stellenweise, besonders in der Nähe des nördlichen Beckenrandes, zu Beträgen, wie sie bei der Bildung der Schichten unmöglich entstehen können (bis zu 30—35°). Es müssen also nachträglich Störungen der Lagerung stattgefunden haben. Diese bestanden nach BECK (Hauptverz. 1891) 1. in einer einseitigen Hebung des Beckens, 2. in Verwerfungen (a. a. O., S. 775). So wurde z. B. durch eine große südöstlich streichende Verwerfung, den „roten Ochsen", im NO von dem Hauptbecken die kleine Pesterwitzer Mulde abgetrennt.[1]) Ferner fand nach DALMER und BECK ein Absinken und eine damit in Verbindung stehende Schleppung des südwestlichen Beckenflügels der Hauptmulde statt (Hauptverz. 1894, S. 42). Dadurch wurde das „ursprüngliche Bild einer einheitlichen, äußerst flachen Mulde mit horizontalem Boden (? der Verf.), welches wir voraussetzen dürfen", sehr verwischt.[2]) Dagegen sind die „Lagerungsverhältnisse des Nebenbeckens einfach. Seine beiden Flügel sind gleich breit entwickelt und fallen im allgemeinen unter einem sehr flachen Winkel nach dem Muldentiefsten ein." Dieses hat also weit weniger Störungen erlitten als das Hauptbecken[3]), doch ist auch bei letzterem der ursprüngliche Beckencharakter, wie wir sahen, noch erkennbar. Oben war schon von einer Talgabelung die Rede. Falls dies zutrifft, würde das Nebenbecken ein Seitental darstellen, das weiter nördlich in das Haupttal, das Hauptbecken, einmündet. Dabei steht es dahin, ob das Haupt- bzw. Nebental auf tektonischem Wege oder durch Erosion entstanden ist.

Östlich vom Döhlener Becken liegt eine weitere Depression des Grundgebirges, die Elbtalwanne, die ebenfalls von Rotliegendem erfüllt ist. Sie zieht sich unter der Stadt Dresden hin und wurde hier durch mehrere Bohrlöcher nachgewiesen.

---

[1]) REINISCH, a. a. O., S. 135.

[2]) BECK und HAZARD, Hauptverz. 1893, S. 42.

[3]) BECK und HAZARD, Hauptverz. 1893, S. 44 und BECK, Hauptverz. 1892, S. 44.

Der Syenit des Plauenschen Grundes bildet einen mindestens 2 km breiten Wall zwischen dem Döhlener und Elbtal-Becken.[1])

Östlich von Dresden, bei Weißig, findet sich noch ein kleines, vollkommen isoliertes Mittelrotliegendbecken, „an einer Verwerfung in den Granit eingesenkt“.[2]) Das Weißiger Rotliegende hat ursprünglich „eine von WNW nach OSO gerichtete Mulde gebildet, von welcher jedoch nur der Nordflügel erhalten, der Südflügel dagegen durch Erosion zerstört worden ist“.[3]) Diesen Angaben läßt sich kein bestimmtes Alter der Mulde entnehmen.

Ergebnis der Untersuchung für das nördliche Vorland des Erzgebirges:

Schon für die ältere Rotliegendzeit lassen sich hier drei größere muldenförmige Vertiefungen an der Oberfläche des Grundgebirges, zwischen denen sich Grundgebirgsrücken erhoben, nachweisen: Das erzgebirgische, nordsächsische und Döhlener Becken. Auf die Erhebungen des Grundgebirges wirkte während des Rotliegenden die Abtragung. Diese gab der Grundgebirgsoberfläche eine unregelmäßige Gestalt. Die Zerstörungsprodukte sammelten sich zum Teil in den Becken. Das flachste und am wenigsten geschlossene von diesen, das nordsächsische, wurde vorwiegend durch Lavaströme und Tuffe ausgefüllt. Das nordsächsische und erzgebirgische Becken traten nördlich von Altenburg miteinander in Verbindung, während beim Döhlener Becken kein Zusammenhang mit anderen Grundgebirgsbecken nachzuweisen ist.

Sudeten.

a) Nordseite des Riesengebirges.

Durch das nördliche Vorland des Riesengebirges zieht in SO—NW-Richtung ein Rotliegendvorkommen, die Goldberg—Löwenberger Rotliegendmulde bildend. Das Unterrotliegende ruht auf Silur. Auch noch jüngere Schichten als das Rotliegende beteiligen sich an der Mulde. „Das Muldentiefste bildet eine nach NW verlaufende Linie zwischen Bunzlau und Naumburg; es möge diese Hauptmulde als die Bunzlauer Bucht bezeichnet werden. Der Südostrand derselben greift nun unregel-

[1]) Beck und Hazard, Hauptverz. 1893, S. 34.
[2]) Reinisch, Hauptverz. 1910, S. 139.
[3]) Klemm, Hauptverz. 1892, S. 32.

mäßig in den Saum des alten Schiefergebirges ein, sei es, daß zum Teil bereits Aushöhlungen im Relief vorhanden waren, in welchem sich das Rotliegende kanalartig ausbreitete (von mir gesperrt: der Verf.), sei es, daß diese Grabenausfüllungen erst durch Grabenversenkungen in postkretazeischer Zeit entstanden; für einige Fälle läßt sich letzteres sicher nachweisen."[1]) Über das Alter der Sättel und Mulden der niederschlesischen Tonschieferformation, die alle dem Riesen- und Isergebirge vorgelagerten Mulden umrandet, schreibt H. SCUPIN: „Die Ausbildung der einzelnen Mulden, wie sie jetzt beobachtet werden können, erfolgte erst zur Zeit der großen tertiären Gebirgsbildung. Keinesfalls waren durch ältere Gebirgsbildung die hier aufgezählten Glieder als Buchten präformiert, in denen sich dann die jüngeren Formationen abgelagert hätten, eine Auffassung, die auch noch in neuere Arbeiten übergegangen ist."[2]) Danach dürfen wir hier im allgemeinen keine ursprünglich beckenförmige Beschaffenheit des Untergrundes voraussetzen. In einzelnen Fällen scheint aber die Möglichkeit einer solchen nach den eben zitierten Worten GÜRICHS nicht ausgeschlossen. Die Goldberg—Löwenberger Mulde setzt sich ziemlich weit, sowohl nach NW wie nach SO, fort. So beteiligen sich nordöstlich der Oberlausitz Rotliegendes, Zechstein, Buntsandstein, Muschelkalk und Kreide an der Ausfüllung der nordwestlichen Fortsetzung der Löwenberger Sedimentmulde.[3]) Die südöstliche Fortsetzung reicht bis in die Nähe von Waldenburg.

b) Ostseite des Riesengebirges.

Zu den größten Ablagerungsbecken des Karbons und Perms zählt die Mulde von Waldenburg—Glatz oder das „niederschlesisch-böhmische Becken". Dieses zeigt in seiner gegenwärtigen Gestalt „die Form einer von NW gegen SO sich erstreckenden, in letzterer Richtung offenen Mulde, deren Scheitelpunkt sich bei Landeshut in Preußisch-Schlesien befindet. Der österreichische Flügel ist dabei beträchtlich schmaler und zum Teil steiler als der preußische."[4]) Im Unterschied von der nord-

[1]) GÜRICH, Nachtrag 1900, S. 26.
[2]) H. SCUPIN, Hauptverz. 1902, S. 101.
[3]) PIETZSCH, Hauptverz. 1909.
[4]) WEITHOFER, Hauptverz. 1897, S. 467.

sudetischen Mulde von Goldberg—Löwenberg heißt die Mulde von Waldenburg—Glatz auch die mittelsudetische. Die ursprünglichen Lagerungsverhältnisse des Oberkarbons und Perms wurden durch jüngere Dislokationen gestört und erst durch die Untersuchungen von DATHE endgültig klargestellt. DATHE faßt das Ergebnis folgendermaßen zusammen: „Die ältere Annahme, daß bei dem Absatz der Formationen des Kulms und der des oberen Karbons weder eine zeitliche noch räumliche Unterbrechung stattgefunden habe, hat sich nicht bestätigt; unsere Untersuchungen haben vielmehr unzweifelhaft festgestellt, daß die kulmischen Schichten vor der Bildung der oberkarbonischen nicht nur aufgerichtet und gefaltet, sondern auch teilweise wieder abgetragen wurden. Der Kulm und teilweise noch ältere Schichten, namentlich die Gneisformation und Phyllitformation, bildeten nunmehr den alten Uferrand für die im neuentstandenen Süßwasserbecken zum Absatz gelangenden Schichten des oberen Karbons.

Von dem das Becken umgebenden Festlande, namentlich vom Riesengebirge, niederschlesischen Schiefergebirge und Eulengebirge, Warthaer Gebirge, spärlich vom Habelschwerdter Gebirge und dem Adlergebirge, führten die damaligen fließenden Gewässer grobes und feineres, loses Gesteinsmaterial in Form von Geröllen, Sand und Ton abwechselnd in das flache Süßwasserbecken, die auf seinem Grunde später zu Konglomeraten, Sandsteinen und Schiefertonen verhärteten."[1] Das gesamte Oberkarbon ist etwa 660 m mächtig.[2] In der Rotliegendzeit wurde die Ausfüllung des Beckens fortgesetzt. Die Kuseler Schichten allein erlangten in der Mitte des Beckens eine Gesamtmächtigkeit von ungefähr 2000 m.[3] Das Mittelrotliegende oder die Lebacher Schichten stellen auf Blatt Wünschelburg nach DATHE „eine Schichtenreihe dar, die als Absatz eines tieferen Süßwasserbeckens zu betrachten sind". „Zur Bildung von konglomeratischen Sandsteinen und groben Konglomeraten haben die Absatzbedingungen gefehlt; dagegen stellen sich Kalksteine im Verhältnis zu den Kuseler Schichten etwas zahlreicher ein."[4] Von dem „Rotliegendbecken der Grafschaft Glatz" stellt DATHE fest, daß die Zuführung von Gesteinsmaterial hauptsächlich von

[1]) DATHE, Hauptverz. 1904, c), S. 55 u. 56.

[2]) REINISCH, Hauptverz. 1910, S. 146.

[3]) DATHE, Hauptverz. 1904, b), S. 79.

[4]) DATHE, Hauptverz. 1904, d), S. 26 u. 27.

NW her erfolgt ist. „Die Sedimente sind infolgedessen im nordwestlichen Teile grobkörnig bis grobstückig, und erst nach der Mitte des Beckens zu verfeinert sich das Korn der Schichtgesteine in fast allen Horizonten, und die Ausbildung von Sandstein- und Schiefertonhorizonten und die Ausbildung von Süßwasserkalken nimmt, je weiter man nach SO im Becken fortschreitet, zu.“[1]) Wo das Rotliegende nicht durch Verwerfungen gestört ist, besitzt es, auch das Oberrotliegende, durchschnittlich eine flache Neigung (10—15° Einfallen).[2]) Am Südrande des Beckens transgrediert das Rotliegende über das Karbon auf das Grundgebirge. Bei Nachod liegen nach WEITHOFER „bereits die roten Sandsteine direkt dem Grundgebirge (Phyllit) auf, wie ja auch südöstlich davon mehrere isolierte Rotliegendpartien . . . archäische Unterlage besitzen“.[3])

Der Boden der Senke wird durch DATHES Untersuchungen auf Blatt Neurode beleuchtet.[4]) Ein Gabbrorücken dringt in südöstlicher Richtung von der NW-Ecke des Blattes bis in seine Mitte vor und zerschneidet das Gebiet in einen östlichen und westlichen Bezirk. Der Rücken wird näher beschrieben: „Der Gabbrozug erstreckt sich zwischen Kohlendorf und Leppelt an der Oberfläche auf eine Länge von 7,5 km in der Richtung NNW—SSO und besitzt eine durchschnittliche Breite von 1,5 km, während diese südlich von Buchau 1,8 km beträgt. Die bergbaulichen Aufschlüsse in der Ruben-Grube haben ferner den Nachweis erbracht, daß der Gabbro an seinem Nordwestende in einem schmalen, anfänglich 300 m, zuletzt nur noch 80 m breiten und 800 m langen Rücken in nordwestlicher Richtung unter den Saarbrücker Schichten fortsetzt, die ihn sattelförmig umlagern. Der Gabbrozug scheint sich aber auch südlich von Leppelt, teils unterirdisch unter den Saarbrücker Schichten, teils in zwei an die Oberfläche tretenden Kuppen . . . bis zum Vorwerk Waldhof bei Klein-Eckersdorf zu erstrecken.“ Seine Längserstreckung würde alsdann beinahe 10 km betragen. „Dieses Verhalten steht in Übereinstimmung mit seiner riffartigen Ausbildung, die ihm schon von der Ablagerung der Saarbrücker Schichten eigentümlich war

[1]) Hauptverz. 1904, c), S. 88 u. 89.
[2]) Hauptverz. 1904, d), S. 41.
[3]) WEITHOFER, Hauptverz. 1897, S. 471.
[4]) DATHE, Hauptverz. 1904, b).

(von mir gesperrt: der Verf.), aber zugleich seine größere Ausdehnung vor dieser Zeit wahrscheinlich macht, so daß er als ein Überrest eines großen Eruptivgebietes zu betrachten ist."[1]) Südlich von Ebersdorf, bei Kolonie Neusorge, weist der Gabbrorücken schon oberflächlich einen vom Bauerberg ausgehenden merklichen Vorsprung nach W auf, der aber unterirdisch noch weiter nach W vordringt und „als breiter, flacher Rücken erscheint". „Durch diese von dem Gabbrovorsprung hervorgebrachte Einschnürung der Stufe wird gewissermaßen der ganze Zug der Saarbrücker Schichten in zwei nicht ganz gleiche Hälften geteilt; sie muß man als besondere in „ihrer Ausbildung, namentlich der Flözführung ungleichartige Buchten auffassen; man kann sie ferner als nördliche und südliche Bucht voneinander unterscheiden."[2]) Über das Alter des Gabbrorückens und über die Ablagerung der karbonischen Verwitterungsprodukte der Gabbrogesteine schreibt DATHE weiter: „Der Gabbrozug, welcher gegenwärtig mit seiner Oberfläche das angrenzende Gebiet des Oberkarbons und des Rotliegenden mit seinen rundlichen Kuppen in einer fortlaufenden Bergreihe überragt, bildete zur Zeit der Ablagerung der mittelkarbonischen Saarbrücker Schichten eine aus dem damaligen flachen Süßwasserbecken riffartig und inselartig hervortretende Erhebung; diese war bedeckt von den tonig-lehmigen Verwitterungsprodukten der Gabbrogesteine, welchen kleine oder größere, oft blockartige Gesteinsstücke als Grundschutt beigemengt waren. Sowohl die feinerdigen und grobsandigen Bestandteile jenes alten Verwitterungsbodens als auch die größeren Gesteinsfragmente wurden von der Oberfläche des damaligen Gabbrozuges in das karbonische Süßwasserbecken eingeschwemmt und am Rande desselben, nämlich am Gabbroriff, wieder abgesetzt. Sie treten mit zwei kurzen Unterbrechungen längs des Gabbrozuges an seiner südwestlichen Seite in verhältnismäßig schmalen Streifen auf."[3])

In der Umgebung des Gabbrorückens bedeckt im allgemeinen Rotliegendes konkordant das Oberkarbon. Im südlichsten Teile des Westgebietes, in der Eckersdorfer Bucht, lagert das Rotliegende aber im O ungleichförmig auf Kulm und Phyllit

[1]) DATHE, Hauptverz. 1904 b), S. 115.

[2]) DATHE, a. a. O., S. 62 u. 63; siehe auch EBELING, Hauptverz. 1907, S. 8.

[3]) DATHE, a. a. O., Hauptverz., S. 61.

und bezeugt dadurch das permische Alter dieser Bucht. Auch im S und W des Westgebietes grenzt es unmittelbar an die Hornblendeschiefer. Noch interessanter sind die Verhältnisse in dem Teile östlich des Gabbrorückens. Zwischen diesem und der Phyllitformation einerseits und der Gneisformation und dem Kulm andererseits sind hier Oberkarbon und Rotliegendes nach DATHE in „verhältnismäßig schmalem Streifen gleichsam eingekeilt".[1]) Nach GÜRICH füllt hier das Rotliegende einen Graben zwischen Unterkarbon und ältestem Schiefer aus.[2]) Auch hier lagert das Rotliegende im innersten Teile, „der Rothwaltersdorf—Gabersdorfer Bucht", dem Kulm ungleichförmig auf, ohne Zwischenlage von Oberkarbon. Von den Kuseler Schichten östlich des Gabbrozuges und in der Rothwaltersdorf—Gabersdorfer Bucht heißt es bei DATHE: „Gerade sein südlichster Teil (nämlich von dem südlichen Abschnitt der Kuseler Schichten östlich des Gabbrozuges und in der Rothwaltersdorf—Gabersdorfer Bucht: der Verf.) bei Gabersdorf läßt klar erkennen, daß der Absatz des Rotliegenden zwischen diesen älteren Schichten (nämlich Kulm im O, Phyllite des Schwenzer Waldes im W, weiter nördlich Oberkarbon: der Verf.) in einer flachen und nicht allzu breiten Erosionsrinne stattfand (von mir gesperrt: der Verf.). Freilich ist die zwar ungleichförmige, aber ursprüngliche Auflagerung auf dem alten Uferrande nur an der Ostgrenze östlich Gabersdorf noch in gewissem Sinne ungestört vorhanden; sonst ist sie ... von Verwerfungen begrenzt, so daß die ursprüngliche Muldenbildung nicht mehr an und für sich zum Ausdruck kommt."[3]) Es ist zu hoffen, daß die fortschreitende geologische Untersuchung des Gebietes noch mehr ähnliche Bereicherungen unserer Kenntnis der permischen Abtragungsfläche bringen wird.

c) Südseite des Riesengebirges.

Die Ablagerung des Perms bildet hier nach KATZER „ein langgestrecktes Viereck, welches sich südlich von der Begrenzungslinie des Riesengebirges ausbreitet".[4]) Die Lagerung ist im großen und ganzen muldenförmig; am Nordrande südliches, am Süd-

---

1) DATHE, a. a. O., S. 5.
2) GÜRICH, Hauptverz. 1900, S. 92.
3) DATHE, Hauptverz. 1904, b), S. 103.
4) KATZER, Hauptverz. 1889, S. 1188 ff.

rande nördliches Einfallen. Die Muldenachse ist von W nach O gerichtet. Der Nordflügel fällt bedeutend steiler ein als der Gegenflügel. KATZER unterscheidet drei Stufen des „Postkarbons", d. h. Perms. Die mittlere oder Braunauer Stufe besitzt im südlichen Bereich übergreifende Lagerung. Die obere Stufe ruht teils auf dem oberen, teils aber auch direkt auf dem unteren Gliede der mittleren Stufe. „Nur die Konglomerate der unteren Stufe, welche unmittelbar dem archäischen Riesengebirge auflagern, machen in ihrer Streichungslinie bei ziemlich steilem Verflächen (20—50°) alle Biegungen der Urgebirgsgrenze mit. Je weiter südlich, desto deutlicher tritt das west—östliche Streichen hervor, und der Schichtenfall wird flacher." Im einzelnen ist die Lagerung vielfach gestört. Es ist auch möglich, daß die übergreifende Lagerung der einzelnen Glieder nur auf Dislokationen zurückzuführen ist.[1]) Wir bekommen so durch KATZER kein klares Bild der ursprünglichen Ablagerungsverhältnisse, doch deutet die Bemerkung über die Streichungslinie der Konglomerate der untersten Stufe auf primäre Unebenheit der Oberfläche des Grundgebirges.

PETRASCHEK behandelt einen Teil des Gebietes, die Mulde von Trautenau.[2]) Die Performation bildet hier eine Mulde, auf deren Südflügel sich Kreide legt, und deren Nordflügel sich wenigstens teilweise unter Bruchbildung an die Glimmerschiefer des Rehorns anlehnt. Mit der sechsten von den zehn Stufen des Perms beginnt das Oberrotliegende; es besteht deutliche Diskordanz der Lagerung zwischen Oberrotliegendem und älteren Stufen. Die neunte Zone des Perms liegt transgressiv auf dem Südflügel der Mulde. „Sie umschließt hier Klippen des Grundgebirges, die lebhaft an die Hügel erinnern, die FOUREAU kürzlich aus der Sahara abgebildet hat."[3]) Auf Grund dieser für die Beschaffenheit der Grundgebirgsoberfläche bedeutungsvollen Angabe und der Bemerkungen über die Lagerungsverhältnisse des Oberrotliegenden darf man wohl annehmen, daß die jetzt hier vorhandene Eintiefung des Grundgebirges nicht ausschließlich ein Erzeugnis einer nachpermischen Faltung ist. Das Oberrotliegendkonglomerat führt sehr reichlich Stücke des Marschendorfer Kalkes, der in der

---

[1]) KATZER, a. a. O., S. 1198.

[2]) PETRASCHEK, Hauptverz. 1906.

[3]) PETRASCHEK, a. a. O., S. 382.

Nähe dieses Ortes in langen linsenförmigen Einlagerungen im Glimmerschiefer aufsetzt. „Einzelne Bänke sind davon ganz erfüllt. Man kann daraus den Schluß ableiten, daß das Riesengebirge zur Rotliegendzeit nicht von Sedimenten genannter Formation bedeckt, sondern ein Denudationsgebiet war. Es läßt sich übrigens ebenso noch zeigen, daß zur Karbonzeit das Riesengebirge als Gebirge mit Tälern von starkem Gefälle bestand“[1]) (von mir gesperrt: der Verf.).

Böhmen und Mähren.

Soweit die vorstehenden und folgenden Ausführungen böhmisches und mährisches Gebiet betreffen, machen sie keinerlei Anspruch auf irgendwelche Vollständigkeit, da mir von der Rotliegendliteratur des Gebietes nur ein kleiner Teil zur Verfügung stand. Es sollen nur aus der von mir durchgesehenen Literatur die wichtigsten Daten über den Gegenstand unserer Abhandlung zusammengestellt werden.

Das Perm wird von KATZER als Postkarbon bezeichnet und mit dem eigentlichen Karbon zu dem „Karbonsystem“ vereinigt.

a) „Karbonsystem“ in Mittel- und Westböhmen.

Alle Ablagerungen des „Karbonsystems“ müssen nach KATZER als ein Ganzes aufgefaßt werden. Sämtliche Steinkohlenablagerungen Mittelböhmens bilden Teile einer und derselben großen Ablagerung. „Die Annahme ebensovieler einzelner Becken als gegenwärtig Ablagerungsteile vorhanden sind“, erscheint ganz hinfällig. Die Kohlenflöze stellen nach ihm keine beckenartigen Einlagerungen vor, sondern einseitig zur Entwicklung gelangte Strandbildungen. Die Mächtigkeit soll nach innen in der Richtung des Verflächens nicht nur nicht zunehmen, sondern die Flöze sollen sich in dieser Richtung verschlechtern und endlich ganz schwinden. Merkwürdigerweise heißt es aber doch unmittelbar nachher bei KATZER, daß sich aus den Aufschlüssen bei Tiefbergbauen ergeben habe, daß „die Ablagerung der Gesteinsschichten und Kohlenflöze unverkennbar von der Konfiguration des Grundgebirges beeinflußt wurde, indem in Terrainmulden desselben größere Anhäufungen vegetabilischen

[1]) PETRASCHEK, a. a. O., S. 381.

Materials stattfanden und die Flöze sich daher mächtiger entwickeln konnten als auf den Terrainrücken des Grundgebirges"; doch seien dies nur lokale Erscheinungen.[1]) Muldenförmige Lagerung wird zwar auch hie und da beobachtet, aber nur ausnahmsweise (S. 1164). Auch Transgression des Perms über das Karbon und des oberen Perms über das untere auf Grundgebirge kommt vor (S. 1150). Das Profil bei KATZER auf S. 1176 durch das Karbonsystem nördlich von Pilsen nach K. FEISTMANTEL zeigt fünf beckenförmige, durch Rücken getrennte Eintiefungen des Grundgebirges, die mit zur Grundgebirgsoberfläche diskordant eingelagertem Karbon und Postkarbon ausgefüllt sind. Darunter zeigt ein Becken bedeutende Größe.

b) Postkarbon in Süd-, Ostböhmen und Mähren.

Die Budweiser Ablagerung breitet sich in einer Gneisdepression aus. Die Lagerung ist muldenförmig. Die Mulde besitzt eine von SW gegen NO gestreckte Gestalt. Die Länge beträgt 7,5 km, die größte Breite etwa 2,75 km im nördlichen Teile. Da aber Fallwinkel bis zu 40° vorkommen, müssen wir es mangels näherer Angaben unentschieden lassen, ob die Mulde nur durch spätere Faltung entstanden ist oder ob schon ursprünglich die Ablagerung muldenförmig war.[2]) Die Ablagerung von Schwarz-Kosteletz und Böhmisch-Brod östlich Prag stellt nach KATZER eine Einklemmung zwischen dem Gneis des böhmisch-mährischen Hochlandes und dem mittelböhmischen Granitgebirge dar. Die Mächtigkeit der Ablagerung ist am Westrande verhältnismäßig gering, in der Mitte aber sehr bedeutend. Die Fallwinkel sind so groß, daß nachträgliche Lagerungsstörungen angenommen werden müssen.[3]) Bei den Ablagerungen an der Ostgrenze Böhmens sind nach KATZER die Lagerungsverhältnisse „wesentlich durch die tektonischen Vorgänge beeinflußt, welche die Entstehung des Adlergebirges bewirkten" (a. a. O., S. 1188). Nach WEITHOFER liegt das am Ostrande des böhmischen Massivs eingeklemmte Rotliegendvorkommen, dessen bekannteste Lokalität Rossitz in Mähren ist (westlich Brünn), ebenfalls direkt auf Grundgebirge. „Überall hier scheint dem-

---

[1]) KATZER, Hauptverz. 1889, S. 1175.

[2]) KATZER, a. a. O., S. 1179.

[3]) KATZER, a. a. O., S. 1183—1186.

nach das Rotliegende transgredierend die alten Beckenränder der karbonischen Sümpfe und Seen verschüttet zu haben."[1])

Bei den genannten permischen Ablagerungen Süd- und Ostböhmens wird leider die Frage nach der ursprünglichen Beschaffenheit der Ablagerungsräume durch die angeführten Darlegungen der Lagerungsverhältnisse nicht eindeutig entschieden. Bei dem Rotliegenden nördlich von Brünn gibt TAUSCH eine bestimmtere Antwort: „Im aufgenommenen Terrain füllen die Ablagerungen des Rotliegenden . . . eine ehemalige schmale Terraindepression aus, die sich zwischen den kristallinen Schiefergesteinen im W und den Ablagerungen des Devons im O oder, wo diese fehlen, zwischen jenen und den Gesteinen der Brünner Eruptivmasse befand." „Ob die Gesteine des Rotliegenden sich in einem uralten Erosionstale oder in einem durch Brüche entstandenen Tal befinden, bleibt zu entscheiden. Mir scheint es wahrscheinlich, daß sie sich in einem Gebiete wiederholter Brüche zwischen den Gneisen und den Gesteinen der Phyllitgruppe in West und den Gesteinen des Devons und der Brünner Masse in Ost erhalten haben, wobei die Existenz eines vordyadischen Tales vorausgesetzt wird."[2])

Zusammenfassung der Abschnitte A) und B).

Zwar ist ein großer Teil des variskischen Gebirges unter mächtigen Schichtentafeln von Trias, Jura, Kreide und Tertiär begraben. Nur da, wo es durch die späteren Bodenbewegungen wieder aus der Tiefe emporgehoben wurde, kann es der Beobachtung zugänglich werden; und auch hier ist es vielfach entweder durch Sedimente verhüllt oder der Sedimentdecke schon sehr lange entkleidet und so weit zerstört, daß die permische Oberfläche nicht mehr mit Sicherheit erkennbar ist. So bleibt ein im Verhältnis zu der Ausdehnung des Gebirges nur kleiner Raum für das Studium dieser Oberfläche übrig. Aber er genügt doch, um ein Urteil über die Beschaffenheit der Fläche zu ermöglichen. Sie ist keine Ebene, sondern besitzt bergigen Charakter; und zwar besaß sie diesen Charakter schon zur Permzeit. Trotz mannigfacher Veränderungen im Laufe der Erdgeschichte hat sich dieses ursprüngliche Gepräge deutlich

[1]) WEITHOFER, Hauptverz. 1897, S. 467.
[2]) L. v. TAUSCH, Hauptverz. 1886, S. 374.

erhalten und ist sicher erkennbar. Sie ist sowohl im großen wie im kleinen uneben. Nicht so leicht ist es, den Grad der Unebenheit festzustellen. Von den großen Ablagerungsbecken des Oberkarbons und Perms wird in der Literatur vorwiegend die Flachheit betont, so von den permischen Tälern des Schwarzwaldes, vom erzgebirgischen und Döhlener Becken, vom Waldenburger Becken. Von tiefen Becken ist seltener die Rede. Die Erhebungen werden ebensooft als flache Kuppen oder breite flache Rücken wie als schroffe Riffe oder Klippen bezeichnet. Die meisten Angaben über das Detail der Fläche stimmen in der Betonung der Unebenheit überein: Sie wird als sehr unregelmäßig, als nicht sehr flach, als uneben und hügelig, als buckelig, als durch Erosion unduliert, als ziemlich uneben, als leicht wellig beschrieben, nur ausnahmsweise als fast eben (Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges, besonders im Waldeckschen, ferner auf Blatt Weida in Ostthüringen). Ganz unzweideutig sind die Angaben über die außerordentliche Unebenheit der Fläche im Spessart („im höchsten Grade wechselvoll und bergig“, „zahlreiche Felsenriffe und tiefe Einsenkungen“, „außerordentlich uneben“, „hügelig“), in Ostthüringen i. allg. („außerordentlich uneben“, „gewaltige muldenförmige Vertiefungen“, „flachwellig bis uneben im großen wie im kleinen“), und ebenso im Pfälzer Walde („riffartige Form der Gebirgsrücken“ bei Albersweiler, „deutlich ausgefurchte Oberfläche“). Die starke Betonung der unebenen Beschaffenheit in diesen Gebieten, zusammen mit den zahlreichen Angaben über die Unebenheit im Detail aus den verschiedensten anderen Gebieten, läßt es als fraglich erscheinen, ob man, wie es häufig geschieht, die Fläche im allgemeinen als Fastebene bezeichnen darf. Früher hörten wir, daß diese Bezeichnung für den Odenwald nicht ganz zutrifft. Ebenso ist sie nach den obigen Angaben für viele Teile des Schwarzwaldes, den Pfälzer Wald, den Spessart und für Thüringen sicher unzutreffend. Für andere Gebiete muß es mangels genauerer Angaben dahingestellt bleiben. Vielleicht kann sie hie und da den Charakter einer Fastebene annehmen; dafür wird sie aber zuweilen auch steilwellig, so daß sie im allgemeinen von einer Fastebene abweicht. Wollte man den Grad der Unebenheit genau feststellen, so hätte man die Fläche, ähnlich wie dies hier für den Odenwald geschehen ist, auch in anderen Gebieten auf den geologischen Spezial-

karten zu verfolgen und in Höhenschichten darzustellen. Zu einem sicheren Ergebnis kann man dabei nur auf Grund eigener Anschauung und sorgfältigster Berücksichtigung der Lagerungsverhältnisse gelangen. Man wird verstehen, daß es mir nicht möglich war, derartige Untersuchungen für das gesamte in Betracht kommende deutsche Bergland durchzuführen. Ein zusammenfassendes, sich auf das ganze Gebiet beziehendes Urteil über den Charakter der Fläche kann ich daher nur unter Vorbehalt äußern. Durch das Studium der permischen Literatur, namentlich auch der geologischen Spezialkarten, welch letzteres sich natürlich im Rahmen der mir zur Verfügung stehenden Zeit halten mußte, habe ich immerhin den Gesamteindruck gewonnen, daß nicht eine Gebirgsoberfläche mit tiefen Tälern und hohen Kämmen oder Rücken vorliegt, sondern daß die Fläche im allgemeinen ein flachgewelltes Relief besitzt. In den Kleinformen ist sie allerdings sehr unruhig, aber die Großformen haben durchweg sanften Charakter. Die angegebene Beschaffenheit zeigte die Fläche sicher am Schlusse, wahrscheinlich schon zu Beginn des Rotliegenden. Im Oberkarbon werden dagegen die Formen noch großzügiger gewesen sein. Demgemäß wird auch die Erdoberfläche im Karbon noch größere Mannigfaltigkeit aufgewiesen haben.

Man wird auch daran denken, die Einzelbilder von der Fläche, wie sie die einzelnen getrennten Grundgebirgsschollen darbieten, zu einem Gesamtbilde für das ganze Gebiet der deutschen Mittelgebirge zusammenzufassen, die zahlreichen „Scherben", in die die Fläche gewissermaßen zerbrochen ist, wieder zu einem Stück zusammenzufügen. Die Aufgabe ist schwierig und auch nur halbwegs lösbar, weil allzu viele Stücke fehlen. Auch sind die einzelnen Flächenstücke durch Bodenbewegungen aus dem Zusammenhange gerissen, hochgehoben oder in die Tiefe versunken, vielfach auch verbogen oder zerdrückt. Ihre heutige gegenseitige Lage weicht von der ursprünglichen stark ab. Nur die Betrachtung der Lagerungsverhältnisse ermöglicht noch einigermaßen die Wiederherstellung der ursprünglichen räumlichen Beziehungen zwischen den jetzt getrennten Schollen. Zahlenmäßig lassen sich die räumlichen Beziehungen natürlich nur innerhalb einer zusammenhängenden Scholle feststellen, nicht bei getrennten Schollen. Bei diesen muß man sich mit der ungefähren Feststellung der relativen Höhenlage begnügen.

Im Oberkarbon fand nur in wenigen deutschen Mittelgebirgen, wie im Schwarzwald und in den Vogesen (auch im französischen Zentralplateau), Aufschüttung von Sedimenten statt, und da nur in geringem Betrage. In den meisten herrschte noch allein die Abtragung, so im Odenwald und Spessart, im Rheinischen Schiefergebirge, im Thüringer Walde und ostthüringischen Schiefergebirge, im Fichtelgebirge und ostbayerischen Grenzgebirge, im sächsischen Mittelgebirge und Erzgebirge, im Riesengebirge. Der Gebirgsschutt wurde weithin nach den großen Becken verfrachtet, so nach dem von Saarbrücken, Aachen, Belgien, Essen und nach den schlesischen Becken. Kleinere Becken finden sich am Nordfuße des Erzgebirges, am Ostfuße des Harzes, am Südfuße der Vogesen usw. Im ganzen Denudationsgebiet muß das Grundgebirge im Oberkarbon höhere Lage gehabt haben als im Akkumulationsgebiete, und zwar muß es nicht bloß relativ höher gelegen haben, sondern auch die absolute Höhe muß bedeutend gewesen sein, da noch keine Ablagerung möglich war. In den oberkarbonischen Becken begann die Aufschüttung nicht überall gleichzeitig. Vom Gebiete derjenigen Becken, in denen die älteren Stufen fehlen, muß man wohl annehmen, daß es ursprünglich noch höhere Lage über dem Meere hatte. Anders wurde es nun im Rotliegenden. Die Berge des Denudationsgebietes wurden durch fortwährende Abtragung erniedrigt, der Spiegel der Schuttbecken stieg höher und höher und ergriff so den größten Teil des Gebietes der deutschen Mittelgebirge. Schuttfrei blieben u. a. von Schwarzwald und Vogesen nur einzelne besonders hohe Rücken, vom Odenwalde vielleicht der heutige kristalline Teil, ebenso der kristalline Teil des Spessarts[1]), ferner Teile des Rheinischen Schiefergebirges, vielleicht das Gebiet von Brotterode—Ruhla im NW des Thüringer Waldes, ein großer Teil des ostthüringischen Schiefergebirges, Teile des Erzgebirges und Riesengebirges. Hier lagern daher Zechstein oder Buntsandstein, sofern sie überhaupt zur Ablagerung gekommen sind, unmittelbar auf Grundgebirge. Den größten Umfang erreichte die Aufschüttung in der Zeit des Oberrotliegenden. Es muß also eine bedeutende Erniedrigung des Gebirges durch Abtragung oder Senkung vorausgegangen oder eine Klimaänderung eingetreten sein. Dann er-

[1]) G. KLEMM, Hauptverz. 1910, a), S. 44.

folgte in Nord- und Mitteldeutschland eine allgemeine Senkung, welche die Überflutung durch das Zechsteinmeer bewirkte.[1])

Je später an einem Orte die Bildung von wässerigen Sedimenten begann, desto höhere relative Lage dürfen wir für die Zeit vor der Ablagerung voraussetzen, und je mächtiger die Aufschüttung von Sedimenten war, um so tiefere Lage dürfen wir für die Zeit der Ablagerung selbst annehmen.

Eine bedeutende absolute Höhenlage in der Zeit des Rotliegenden dürfen wir wohl bei den Gebieten annehmen, in denen gar kein Zerstörungsmaterial im Wasser abgelagert wurde, oder wo es nur eine Schuttdecke von wenigen Metern Dicke bildete.

Wir gehen dabei von der Voraussetzung aus, daß sich die permische Abtragungsfläche nicht unter dem Einflusse eines vollständig trockenen Klimas, etwa in einer Wüste, gebildet hat, sondern daß auch das Wasser, hauptsächlich durch Abspülung und Erosion mitgewirkt hat, und daß die meisten Sedimente sich im Wasser abgelagert haben. Wir werden diese Voraussetzung im letzten Kapitel der Abhandlung eingehend auf ihre Richtigkeit prüfen. Im Oberkarbon herrschte sogar sehr wahrscheinlich ein feuchtes Klima. Die Erosionsbasis war in dieser Zeit wohl der Meeresspiegel. Es ist hier angenommen, daß auch im Rotliegenden eine gemeinsame Erosionsbasis vorhanden war, oder wenigstens keine sehr beträchtlichen Höhenunterschiede zwischen den verschiedenen Erosionsbasen bestanden haben, so daß alle Gebiete, in denen das Wasser noch genügend Kraft zur Abspülung besaß, ähnlich hohe Lage hatten, und ebenso diejenigen, in denen das Wasser keine Transportkraft mehr besaß, sondern die Stoffe sich ablagerten. Diese Voraussetzung trifft wahrscheinlich zu, aber sie wird sich nicht streng beweisen lassen[2]) Wenn die Sedimente des Rotliegenden im Meere abgelagert worden wären, so würde der Meeresspiegel eine sichere Marke zur Feststellung der relativen Höhenlage bilden. Diese Annahme würde für die Topographie der permischen Abtragungs-

---

[1]) Von den Inseln des Grundgebirges, die innerhalb des Zechsteingebietes von der Zechsteinbedeckung freiblieben, müssen wir annehmen, daß sie entweder als wirkliche Inseln aus dem Meere herausragten, oder daß sie zwar ganz unter den Spiegel des Meeres tauchten, aber doch nicht tief genug, um die Bildung von marinen Sedimenten auf ihrem Rücken zu gestatten.

[2]) Regionale Verschiedenheiten des Klimas anzunehmen, liegt kein Grund vor.

fläche zu den nämlichen Ergebnissen führen wie die entgegengesetzte. Wir werden aber sehen, daß schwerwiegende Gründe gegen die Auffassung der Rotliegendsedimente als Meeresablagerung sprechen.

Wahrscheinlich liegt viel permisches Hochland heute in der Tiefe verborgen, und umgekehrt ragt permisches Tiefland jetzt als Hochland auf. Die Frage, ob das Gebiet der jetzigen deutschen Mittelgebirge auch schon im Perm durchweg ähnlich hohe Lage hatte, ist, glaube ich, im allgemeinen zu verneinen, wenn auch die auffällige Erscheinung besteht, daß einem bedeutenden Teile des heutigen Berglandes (u. a. Riesengebirge, Ostthüringen, Odenwald, Pfälzerwald, Rheinisches Schiefergebirge) auch im Perm eine höhere Lage über dem Meere zugesprochen werden muß und entsprechend auch die größten und tiefsten Ablagerungsbecken des Karbons und Perms (u. a. Saar—Nahebecken, erzgebirgisches Becken, niederschlesisch-böhmisches Becken usw.) auch heute keine besonders hohe Lage einnehmen. An der Stelle des Rotliegendgebietes des heutigen Thüringer Waldes bestand dagegen im Rotliegenden vielleicht eine tiefe Depression, oder wenigstens hatte das Gebiet keine hohe Lage.

Es kann auch vorkommen, daß die älteste Sedimentdecke auf dem Grundgebirge ganz oder teilweise durch Abtragung zerstört ist. Also Gebiete ursprünglich tiefer Lage konnten im Laufe des Karbons oder Rotliegenden eine höhere Lage erhalten und umgekehrt. Nun kamen am Schlusse des Karbons und im mittleren Rotliegenden Bewegungen in der Erdrinde, sowohl als Faltung wie als Zerstückelung von Schollen, vor, und in den gehobenen Gebieten begann die Abtragung zu wirken, wie wir aus dem Vorhandensein von Abtragungsflächen und der diskordanten Auflagerung der späteren, vielleicht nach erneuter Senkung, gebildeten Sedimente erkennen. Solche Hebungen und Senkungen sind also tatsächlich wiederholt eingetreten. Diejenigen Niveauverschiebungen, die das ganze Gebirge gleichmäßig betrafen, änderten nichts an der relativen Lage, aber wir müssen auch mit der Möglichkeit der relativen Verschiebung einzelner Teile rechnen. Wir können streng genommen nur von solchen Gebieten, in denen mächtige Sedimente einer bestimmten Stufe vorhanden sind, annehmen, daß sie in der Bildungszeit dieser Sedimente eine tiefe Lage hatten, dürfen aber aus dem Fehlen von Sedimenten einer Stufe auf dem Grundgebirge nicht ohne weiteres

auf relativ hohe Lage schließen. Es muß der Nachweis hinzukommen, daß zwischen dem Ablagerungsgebiet und dem sedimentfreien sich eine horizontale Ablagerungsgrenze der Sedimente befand, und daß in dem Grundgebirge des letzteren eine Abtragung stattfand, deren Produkte sich in den Ablagerungen wieder erkennen lassen. Dieser Nachweis kann in den oben angeführten Fällen fast durchweg erbracht werden.

Für Südwestdeutschland ist die Landschaftsgestaltung innerhalb des oberrheinischen Gebirgssystems für die Zeit des Rotliegenden von besonderem Interesse. In Schwarzwald und Vogesen begann die Aufschüttung schon im Oberkarbon, wenn auch nur in geringem Umfange und Betrage. Also müssen schon im Oberkarbon einzelne tiefere Becken vorhanden gewesen sein. Noch im Rotliegenden hatten dagegen der kristalline Spessart und der benachbarte Teil des Odenwaldes die relativ höchste Lage, denn hier ist Rotliegendes gar nicht zur Ablagerung gekommen. Ebenfalls sehr hohe Lage hatte auch das Gebiet des östlichen Pfälzerwaldes, in dem fast nur Oberrotliegendes zum Absatz kam[1]), ferner wahrscheinlich das Rheinische Schiefergebirge; in letzterem entstand nur am Südostrande eine schwache Decke von Oberrotliegendem, während sonst das Rotliegende unter der Buntsandsteindecke ganz fehlt, insbesondere auch entlang des ganzen Ostrandes. Etwas tiefer als der Pfälzerwald lag vielleicht der südwestliche Teil des Odenwaldes, die Gegend bei Heidelberg, denn hier bildeten sich schon im Mittelrotliegenden Sedimente, wenn auch nicht von an sich bedeutender, so doch größerer Mächtigkeit als im Pfälzerwalde. Wir nehmen dabei an, daß die Tuffe des Mittelrotliegenden der Heidelberger Gegend zum Teil echte Sedimente sind. Wo Oberrotliegendes allein den Granit bedeckt (Schloßberg, Mausbachtal), überragte dieser die Umgebung ursprünglich. In größerer Mächtigkeit finden wir Rotliegendes (Tholeyer Schichten) im nördlichen Vorland des Odenwaldes (Gegend von Sprendlingen—Langen[2]); ebenso Mittelrotliegendes in der östlichen Wetterau (Vorspessart); daher müssen wir auch tiefere Lage annehmen. Auch das Grund-

---

[1]) Untergeordnet kommen im Pfälzerwalde auch ältere Bildungen des Rotliegenden vor, u. a. wenige Meter mächtige Arkosen; siehe DINU, Nachtrag 1912.

[2]) R. LEPSIUS usw., Nachtrag 1911, S. 22.

gebirge des Mainzer Beckens, aus dessen Mitte[1]) Lebacher Schichten bekannt sind und die mächtige Oberrotliegendinsel von Nierstein—Nackenheim herausragt, kann im Rotliegenden keine höhere Lage besessen haben. Das nördliche Vorland des Odenwaldes, die Wetterau und das Mainzer Becken bildeten wohl Teile eines einzigen zusammenhängenden tieferen Beckens. Dieses Grundgebirgsbecken dehnte sich bis in die Saar—Nahegegend aus und erlangte hier seine größte Tiefe, denn schon im Oberkarbon erreichten die hier abgesetzten Schichten eine Dicke von über 4000 m, und auch das Unterrotliegende schwoll noch zu großer Mächtigkeit an (Kuseler Schichten allein bis 1400 m). Der Nordrand des Saar—Nahebeckens wurde durch das Grundgebirge des Hunsrücks und Taunus gebildet. Der Südrand verlief etwa von der Nordgrenze des Pfälzerwaldes über Darmstadt nach Aschaffenburg. Auf beiden Seiten stiegen hohe Randgebirge empor. Die Tiefe des Beckens verringerte sich von SW nach NO bedeutend, denn in der Wetterau wurden Karbon und unterste Stufe des Rotliegenden nicht mehr abgelagert, und auch die höheren Stufen erreichten nicht die gleiche Mächtigkeit wie im SW. Der Boden der Senke stieg also in dieser Richtung stark an. Ob hier im NO die Grundgebirgsoberfläche im Karbon und frühen Rotliegenden überhaupt schon ein Becken gebildet hat, ist ungewiß. Jedenfalls lag in dieser Zeit hier das Grundgebirge für die Aufschüttung von Sedimenten noch nicht tief genug.

Nach Lepsius ist das Saar—Nahebecken durch einen Einbruch im Karbon entstanden und läßt sich dieser Einbruch auch noch weiter nach NO verfolgen „über Hanau—Büdingen, über den Thüringer Wald bis südlich des Harzes (Ilfeld—Kyffhäuser—Mansfeld) und bis in die Umgegend von Halle und Leipzig als eine gewaltige Grabenversenkung in der niederrheinischen Richtung SW—NO".[2]) Dabei wurde nach demselben Autor das präkarbonische Schiefergebirge im Bereiche des jetzigen Odenwaldes und Pfälzerwaldes höher hinaufgeschoben als im Taunus und seiner nördlichen Fortsetzung; infolgedessen wurde es auch viel stärker denudiert, „und wir sehen daher dieselben Rotliegendsandsteine hier im Odenwald und drüben in der Hardt direkt auf dem granitischen Grundgebirge lagern, welche am Südrande

[1]) Bei Dexheim; siehe Lepsius, Hauptverz. 1883, S. 10.

[2]) Lepsius, Hauptverz. 1910, S. 110.

des Hunsrücks und des Taunus sowie in der Wetterau auf den Devonstufen liegen".[1])

Die Höhengliederung stimmte demnach im Rotliegenden insofern mit der heutigen überein, als Pfälzerwald, Odenwald, Spessart einerseits, Hunsrück und Taunus andererseits als Grenzwälle eine dazwischen eingesenkte Niederung überragten. Sonst können aber von den heutigen abweichende Höhenverhältnisse geherrscht haben. So ragten Spessart, Pfälzer Wald, der westliche Odenwald höher auf als Vogesen und Schwarzwald. Bei Beginn des Zechsteins änderte sich das Bild wesentlich, indem der ganze Norden mit Ausnahme des Rheinischen Schiefergebirges sich senkte und schließlich unter den Spiegel des Meeres tauchte.

In den Erläuterungen zu Blatt Speyer wird „die Gestaltung der mittelrheinischen Landschaft vor Ablagerung der Triasschichten" eingehend erörtert. Danach bildete das Urgebirge mit den paläozoischen Gebilden darauf nach vielfachen Umlagerungen durch Zusammenfaltung, Senkungen, Hebungen und Verschiebungen die Unterlage für die Trias. Der Boden für diese bildete keine ebene Fläche. Es bestanden verschiedene Eintiefungen und Buchten, so die Mulde, welche von Lothringen her im Westrich zwischen dem Kohlengebirge oder den altpermischen Schichten und dem Pfälzerwalde sich hinzieht, ferner die Pfalzburg—Zabern—Langenbrückener Mulde zwischen Nord- und Südvogesen. Im S erstreckte sich die Burgunder Senke „fjordartig" zwischen Südvogesen und Schwarzwald. Außerdem ward der Keim zu der Rheintalbildung vielleicht schon gelegt. „Die schon früher angedeuteten Unebenheiten des damaligen Meeresbodens, welche sich mit Berghöhen und Vertiefungen der Festländer vergleichen lassen, machen sich besonders am Nordrande der Vogesen und des Schwarzwaldes bemerkbar."[2]) Die Annahme, daß die Zabern—Langenbrückener Mulde schon im Perm vorhanden gewesen sein soll, ist mir unwahrscheinlich. Es dürfte wohl auch schwer halten, den Beweis dafür zu erbringen, da konkordant auflagernde jüngere Sedimente bis zum Jura einschließlich die Mulde bilden helfen und sich daraus als Entstehungszeit meiner Ansicht nach frühestens die Kreide-

---

[1]) R. Lepsius usw., Nachtrag 1911, S. 12.

[2]) v. Gümbel, Hauptverz. 1897, S. 32ff.

zeit ergibt. Die Bildung der Pfalzburger Mulde wird von VAN WERVEKE ebenfalls in die Kreide verlegt.[1]) Daraus, daß die Mächtigkeit des Buntsandsteins in der Pfalz am größten ist und von hier in nördlicher und südlicher Richtung abnimmt, der Buntsandstein also in der Pfalz nach VAN WERVEKE den Eindruck einer Wannenausfüllung macht (a. a. O., S. 30), kann man auf eine zu Beginn der Trias in der Pfalz vorhandene Einsenkung zwischen Vogesen und Rheinischem Schiefergebirge schließen. Diese ist aber mit der Pfalzburger Mulde nicht identisch. Ebenso verstehe ich nicht, wie man für die permische Zeit eine „Rheintalbildung im Keime" beweisen will. Dagegen stimme ich mit dem Autor darin überein, daß der Untergrund der Trias durch seine Unebenheiten festländischen Charakter zeigt.

LEPSIUS nimmt an, daß das oberrheinische Grundgebirge im Oberkarbon und Perm höher aufragte als das niederrheinische, weil im ersteren die kristallinen Kerne schon früh aufgedeckt wurden, was im letzteren nicht der Fall war, weil also im oberrheinischen Grundgebirge die Abtragung viel energischer war. Er vergleicht das kristalline oberrheinische Grundgebirge mit den Zentralalpen und das niederrheinische Schiefergebirge mit den nördlichen Kalkalpen.[2])

Durch den schon erwähnten, von der Saar bis zur Saale verfolgbaren, daher von LEPSIUS Saar—Saalegraben genannten Einbruch soll im Oberkarbon eine tiefe Furche in der Erdoberfläche entstanden sein, die einen Grundzug der karbonischen und permischen Topographie von Deutschland bildete. In ihr hauptsächlich soll sich der karbonische und permische Abtragungsschutt gesammelt haben, und an den Spalten an ihren Bruchrändern sollen die Laven der Rotliegendvulkane aufgestiegen sein. In der Tat ist merkwürdig, daß gerade die limnischen Steinkohlenbecken vom Saargebiet, von Sachsen und dem östlichen Harzvorlande ungefähr im Bereiche dieser Furche liegen, ebenso die mächtigen Rotliegendaufschüttungen vom Saar—Mainbecken, von Thüringen und Sachsen, während südlich davon im Schwarzwald und in den Vogesen das Rotliegende geringmächtig ist, und nördlich davon am Ostrande des Rheinischen Schiefergebirges überhaupt kein Rotliegendes vorkommt. Auch

[1]) VAN WERVEKE, Hauptverz. 1910, b), S. 32.
[2]) LEPSIUS, Hauptverz. 1910, S. 442.

finden wir in diesem Streifen besonders mächtige und ausgedehnte permische Lavaergüsse.

Man darf sich aber nicht vorstellen, daß das ganze Gebiet des Grabens von Anfang an überall gleichtief eingebrochen sei und die Schuttmassen sich gleichmäßig darin verteilt hätten. Der Boden der Senke bildete vielmehr eine wechselvolle hügelige Niederung mit sekundären Becken und dazwischen aufragenden Rücken. Nur in wenigen besonders tiefen Mulden wurde Oberkarbon abgelagert; das übrige Gebiet senkte sich erst im Rotliegenden so tief, daß Aufschüttung von Sedimenten möglich war, und auch in dieser Zeit erfolgte die Bedeckung nicht gleichmäßig, sondern die Sedimente sammelten sich wieder nur in einzelnen Mulden oder Tälern, und bis zum Schlusse des Rotliegenden erhoben sich dazwischen Rücken, die der Abtragung ausgesetzt waren. So war in Ostthüringen ein Rücken vorhanden, der das Rotliegendbecken des Thüringer Waldes von dem erzgebirgischen trennte, ferner ein solcher im sächsischen Mittelgebirge, der sich zwischen dem nordsächsischen und dem erzgebirgischen Becken erhob usw. Das Relief der Grundgebirgsoberfläche in dieser Niederung verdankte nicht nur tektonischen Vorgängen seine Entstehung, sondern Denudation und Erosion übten auf die Gestaltung der Vertiefungen und Rücken wesentlichen Einfluß aus.

Eine ähnliche Senke soll auf der Südwestseite des Fichtelgebirges und böhmisch-bayerischen Grenzgebirges durch Einbruch entstanden sein. In besonders tiefen Gräben dieses Senkungsgebietes kamen nach Lepsius „die Denudationsmaterialien des auf der Nordostseite anstehenden Grundgebirges in mächtigen Rotliegendsedimenten zur Ablagerung“.[1])

So scheinen im allgemeinen, ebenso wie bei der heutigen Erdoberfläche, die Großformen der karbonisch-permischen Landschaft durch endogene Kräfte geschaffen worden zu sein; die Ausgestaltung im kleinen aber war das Werk der exogenen.

Sehr wichtige Aufschlüsse lieferte das Studium der permischen Abtragungsfläche in den einzelnen Gebirgen auch über die ursprüngliche Verteilung der Rotliegendsedimente auf dieser Fläche. Da wir die räumliche Anordnung der Aufschüttungsmassen und ihre Bedeutung im Schlußabschnitt ausführlich erörtern müssen, sei hier auf diesen verwiesen.

[1]) Lepsius, Hauptverz. 1910. S. 447 u. 448.

Die Grundgebirgsoberfläche war nur unmittelbar nach der karbonischen Faltung Erdoberfläche. Später bildete die Oberfläche der Schuttdecken in den Niederungen und der vulkanischen Aufschüttungen zusammen mit den noch schuttfreien Erhebungen die Erdoberfläche, und je weiter sich die Schutt- und Lavendecken über das Grundgebirge ausbreiteten, um so mehr wurde der Anteil des Grundgebirges an der Oberfläche eingeschränkt. Die Erdoberfläche verflachte sich dabei mehr und mehr zu einer „Fastebene", der teils durch Abtragung, teils durch Auffüllung entstandenen permischen Einebnungsfläche. Diese war flacher als die hier geschilderte Abtragungsfläche, da die Unebenheiten der letzteren zum großen Teil durch Aufschüttung verebnet waren. Aber sie war auch keine Ebene, denn die Aufschüttung, namentlich die vulkanische, wird oft recht unregelmäßige Oberflächenformen erzeugt haben, sowohl durch Anschmiegung an den unebenen Grund als auch durch die besondere Art der Entstehung. Auch ragten noch zahlreiche Rücken unzerstörten Grundgebirges zwischen den Aufschüttungsgebieten auf.

Die Felsoberfläche des Grundgebirges bildete aber nicht etwa in der Form, wie sie uns zu Beginn der Trias entgegentritt, im Karbon die Erdoberfläche. Sondern in dieser Form vereinigt sie Flächenstücke der verschiedensten Entstehungszeit. Die ältesten stammen aus dem Karbon, die jüngsten aus der Trias. Die noch nicht eingedeckten Teile der Fläche waren durch Abtragung in einer fortwährenden Umbildung begriffen, die mit der Bedeckung im allgemeinen ihr Ende fand. Es konnte selbst in besonderen Fällen die Decke wieder abgeräumt und die Grundgebirgsoberfläche noch weiter umgestaltet werden. Die tektonischen Bewegungen, denen noch im mittleren Rotliegenden eine große Bedeutung zukommt, ergriffen alle Teile der Fläche, gleichviel, ob sie eine Decke trugen oder nicht, und veränderten das Gepräge der Fläche. Daher läßt sich das Alter einer Hohl- oder Rückenform nur relativ zu einer darüber ausgebreiteten Sedimentdecke angeben. Wir denken dabei natürlich nur an solche, die nicht in jüngeren tektonischen Vorgängen ihren Ursprung haben. Die Hohlformen, die überhaupt nicht tektonisch entstanden sind, wurden durch Erosion, vielleicht auch in einzelnen Fällen durch Deflation oder beide, in einer Zeit geschaffen, in der die betreffende Gegend noch so hoch lag, daß die Transportkraft des

Wassers zur Abspülung ausreichte, und sie füllten sich, sofern dies überhaupt geschah, mit Sedimenten, als das Wasser an Transportkraft verloren hatte. Fälle von äolischer Auffüllung von Depressionen sind mir nicht bekannt geworden.

Veränderungen der permischen Abtragungsfläche im Odenwald durch jüngere Faltungsprozesse.

Bei der vorausgegangenen Untersuchung der Grundgebirgsoberfläche im Bereiche der deutschen Mittelgebirge kamen nur solche Unebenheiten der Fläche in Betracht, deren permisches Alter sich einwandfrei aus der Lagerung der Schichten ergibt; solche, die erst durch spätere Verbiegung entstanden sein können, blieben dabei von der Betrachtung ausgeschlossen. Eine Ausnahme bildete der Odenwald, in dem zwar Verwerfungen nach Möglichkeit korrigiert wurden, aber der sonstige Einfluß bodenbewegender Kräfte in nachpermischer Zeit keine Berücksichtigung fand. Wir müssen das nun nachholen. Von anderen Veränderungen als solchen tektonischer Art blieb die Fläche, soweit sie die Buntsandsteindecke trug, nach Ablauf des Perms unter dem Schutze eben dieser Decke verschont. Von allen tektonischen Ereignissen aber wurde sie in Mitleidenschaft gezogen. So wurde sie am Ende der Jura- oder Kreidezeit von der Hebung des oberrheinischen Schildes, in der Tertiärzeit (oder schon früher? van Werveke) von der Bildung der Zabern—Langenbrückener Mulde und des Pfälzer Wald—Odenwaldsattels mitbetroffen. Zusammen mit den auflagernden Sedimenten wurde sie dabei im Pfälzer Wald und Odenwald zu einem breiten und flachen Sattel aufgewölbt.[1]) Von noch einschneidenderer Wirkung war der Einbruch des oberrheinischen Grabens, durch den sie im Odenwalde aus dem Zusammenhange mit den westlichen Gebieten gerissen wurde, und das damit in ursächlichem Zusammenhange stehende Aufreißen von zahlreichen Spalten in der Nähe des Grabenrandes und im östlichen Odenwalde, durch die mehr oder weniger große Stücke abgelöst wurden. In unmittelbarer Nähe der Verwerfungsklüfte können auch als Schleppungen bezeichnete Verbiegungen vorkommen. Doch wurden die Verwerfungen selbst schon früher berücksichtigt, und wir haben nur noch Fal-

[1]) van Werveke, Hauptverz. 1910, b).

tungsvorgänge und etwaige sonstige Verbiegungen in Betracht zu ziehen.

Wir sahen oben, daß das heute noch verfolgbare und auf der dem ersten Teile der Abhandlung beigegebenen Karte zur Darstellung gelangte Stück der Abtragungsfläche einen Teil der Mantelfläche eines sehr flachen Kegels darstellt. Offenbar haben wir es dabei mit einem Stücke des tertiären (oder vortertiären?) flachen Sattels zu tun, zu dem die Fläche aufgewölbt wurde. Ob sie auf dem Kamme des Sattels noch erhalten ist, muß mangels von Beweisen dahingestellt bleiben. Nach THÜRACH senkt sich der Buntsandstein bei Heidelberg vom Weißenstein bis zum Königstuhl auf 5 km um 100 m, was einer Neigung von etwa 1° 10 Minuten entspricht. Noch flacher ist die Lagerung östlich vom Steinachtale. Dagegen ist sie wesentlich steiler südlich der Linie Königstuhl—Neckargemünd. Hier senken sich die Schichten auf 5 km Länge um gegen 400 m = etwa 4½°.[1]) Unsere Darstellung der Abtragungsfläche beschränkt sich auf das Gebiet flacher Lagerung nördlich der Linie Königstuhl—Neckargemünd. Das größte Gefälle hat der Buntsandstein bei Heidelberg nicht in der Richtung Weißenstein—Königstuhl, sondern etwas mehr nach OSO oder nach SO. Die obere Grenze von smψ fällt nach der geologischen Spezialkarte vom Holzapfelbaum südlich Wilhelmsfeld zum Lärchengarten südwestlich Schönau auf 4250 m um etwa 200 m = 2⅔°. Größer ist das Fallen der gleichen Fläche vom Holzapfelbaum bis zum Münchel, nämlich etwa 200 m auf etwa 3000 m horizontal = nicht ganz 4°. Vom Weißenstein bis Wiesenbach südlich Neckargemünd erreicht der Ausstrich des gesamten Buntsandsteins eine Breite von etwa 12 km. Das ergibt unter Annahme einer mittleren Gesamtmächtigkeit von 450 m ein Gefälle nach SO oder OSO von etwa 2½°.[2]) Von Waldmichelbach erlangt der Buntsandstein-

[1]) THÜRACH, Hauptverz. 1909, S. 74.

[2]) In den Erläuterungen zu Blatt Heidelberg (1. Aufl.) heißt es Seite 4, nachdem festgestellt wurde, daß auf Blatt Heidelberg in der Richtung nach SO oder SSO immer jüngere Gesteine die Erdoberfläche erreichen: „Dementsprechend haben wir auch ein im allgemeinen recht gleichmäßiges, in der Regel nach SO oder OSO gerichtetes Einfallen der Schichten, welches im Mittel etwa 6—8° beträgt." Hier scheint das Gesamtfallen des Buntsandsteins bei Heidelberg doch etwas zu groß angenommen zu sein, denn ein mittleres Einfallen von 7° ergäbe in der Richtung der größten Schichtneigung für

ausstrich in südöstlicher Richtung größere Breite, nämlich 24 km; dies entspricht einer Neigung von beinahe 2° (mittlere Mächtigkeit von 550 m angenommen). Das Gesamtfallen der Abtragungsfläche beträgt bei Heidelberg in südöstlicher Richtung $2^2/_3$° (s. Bd. XII, S. 128), bei Heiligkreuzsteinach und nördlich Waldmichelbach in östlicher Richtung etwa $3^1/_3$°. Es ist also ebenfalls sehr gering und dürfte lediglich auf der tertiären Auffaltung des Odenwaldsattels beruhen. Dasselbe muß man von dem nördlichen Einfallen bei Roßdorf und Messel annehmen. Dieses ist auch unbedeutend; so z. B. beträgt es von Messel bis zum Bohrloch an der Dampfmühle bei Sprendlingen nicht ganz 2° (a. a. O., S. 127). Bei Roßdorf liegt nur Oberrotliegendes auf Grundgebirge, bei Sprendlingen, nach VON REINACH, wahrscheinlich sogar Unterrotliegendes. Nach KLEMM fehlen Kuseler und Lebacher Schichten in dem Sprendlinger Bohrloch. Die Tholeyer Schichten, 260 m mächtig, bedecken unmittelbar das Grundgebirge.[1]) Diese Mächtigkeitszunahme des Rotliegenden am Nordabfall des Odenwaldes deutet an, daß noch zur Zeit des Mittelrotliegenden eine nördliche Abdachung vorhanden war. Zur Annahme, daß auch im S bei Roßdorf älteres Rotliegendes ursprünglich vorhanden war und vor der Ablagerung des Oberrotliegenden wieder vollständig zerstört wurde, liegt keine Veranlassung vor.

Die Karte stellt also insofern nicht die permische Form der Fläche dar, als dieser nachpermische Sattel nicht eingeebnet ist, abgesehen davon, daß auch nicht alle jüngeren Verwerfungen korrigierbar sind. Da wir uns aber die Eruierung der permischen Form der Fläche zur Aufgabe gemacht haben, ist festzustellen, welche Beschaffenheit sie nach Einebnung des Sattels zeigt. Wesentlich ist indes für unsere Betrachtung nicht ihre Stellung im Raume, sondern ihr Relief, für das, wie wir sahen, der Wechsel von Höhen und Niederungen charakteristisch ist. Es ist nun klar, daß bei dieser außerordentlich schwachen Aufbiegung das Relief unverändert bleiben mußte. Es änderte sich nur die Stellung im Raume etwas, der Cha-

die vorhandene Neigung der Erdoberfläche eine Breite des Gesamtausstriches von etwa 4 km (mittlere Mächtigkeit gleich 450 m). Die Bemerkung ist auch in die zweite Auflage der Erläuterungen übergegangen (Seite 6), ist aber mit den Ausführungen über die flache Lagerung des Buntsandsteingebirges auf Seite 74 schwer vereinbar.

1) R. LEPSIUS usw., Hauptverz. 1911, S. 22.

rakter der Fläche blieb gewahrt. Dadurch rechtfertigt sich auch der Verzicht auf die Korrektur des Sattels auf der Höhenschichtenkarte. Sie bringt in der vorliegenden Form den Charakter der Fläche nicht weniger treu zur Darstellung, als wenn die Korrektur des Sattels durchgeführt worden wäre.

Punkte in der Streichlinie des Sattels, senkrecht zum tertiären Einfallen, haben bei der Aufbiegung keine gegenseitige Lageveränderung erfahren. Profile der Fläche in dieser Richtung geben also ohne weiteres ein Bild von der Beschaffenheit der Fläche vor der Aufbiegung. Daher wurden auch für die Oberflächenprofile, die früher zur Ermittelung des Flächencharakters dienten, Richtungen gewählt, die von der Streichlinie des Sattels wenig abweichen, so bei Heidelberg die Richtung WSW—ONO, im Norden bei Roßdorf die Richtung O—W. Aus diesen Profilen erhellt aber klar die unebene, wellige Natur der Fläche. Die größte gegenseitige Lageveränderung erlitten Punkte in der Richtung des größten Einfallens, auf Blatt Heidelberg also in der Richtung nach SO oder OSO. Nehmen wir als größtes Gefälle 2$^1/_2$° mittlere Neigung nach SO an. Um die ursprünglichen Neigungen der Abtragungsfläche zu erhalten, müssen wir also von jedem Gefälle der Fläche in der Richtung NW—SO 2$^1/_2$° subtrahieren, zu jedem Gefälle der entgegengesetzten Richtung ebensoviel addieren. In den Zwischenrichtungen sind Korrekturen von kleinerem Betrage notwendig. Als Beispiel für eine Korrektur diene der Buckel der Grundgebirgsoberfläche unter dem Heiligenberg nördlich Heidelberg. Nach Bd. XII, S. 131 besitzt jetzt der Abfall des Buckels nach den verschiedenen Richtungen folgende Beträge: nach W 8$^1/_2$°, nach N 6°, nach S etwa 7°, nach O etwa 3°; Abfall des südwestlichen Ausläufers in SO-Richtung etwa 7$^1/_2$°. Nach Einebnung des Sattels ergibt sich etwa folgendes Bild: Abfall nach W etwa 9$^1/_2$°, nach N etwa 7°, nach S etwa 6°, nach O etwa 2°; Abfall des südwestlichen Ausläufers nach SO 5°. Man sieht, daß der Buckel durch die Einebnung nicht bloß nicht verschwindet, sondern sogar in seiner Gestalt keine große Änderung erleidet, was ja auch von vornherein klar ist. Die Korrekturen heben sich gegenseitig auf. Das ist auch bei der Zusammenstellung Teil I, S. 136, die zur Feststellung des morphologischen Charakters der Fläche gemacht wurde, der Fall. Das Resultat erleidet demnach keine in Betracht zu ziehende Änderung. Um eine deutlich Vorstellung

von dem Aussehen der Granitoberfläche ohne Rücksicht auf das tertiäre Einfallen zu gewinnen, wurde das Profil der Fläche von der Grube Aussicht bei Waldmichelbach (s. Bd. XII, S. 158 Fig. 5) um 5⁰ gedreht, so daß das Einfallen nach OSO aufgehoben ist und Anfangs- und Endpunkt des Profils in einer Horizontalen

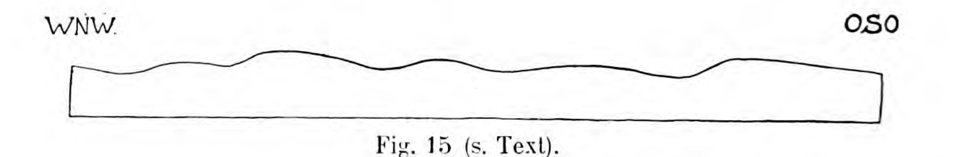


Fig. 15 (s. Text).

liegen (s. Fig. 15). Die Wellenform kommt nach wie vor deutlich zum Ausdruck, und die Linien sind nicht flacher geworden; so beträgt an einer Stelle des Profils der Böschungswinkel 11⁰ (auf 50 m Länge Steigung von 10 m). Natürlich soll damit nicht gesagt sein, daß die tertiäre Neigung an dieser Stelle 5⁰ beträgt; sie ist jedenfalls geringer (s. oben), so daß noch ein primäres Gefälle nach OSO übrig bleibt.

Dies führt uns dazu, den Einfluß der tertiären Sattelung auf die Grundgebirgsoberfläche am Ostrande des kristallinen Odenwaldes zu untersuchen. Auf Blatt Beerfelden wendet sich nach der geologischen Spezialkarte das Einfallen des Buntsandsteines von SSO nach SO und ganz im N nach O. Auf Blatt Erbach liegt jenseits der Otzbergspalte die obere Grenze von su immer im gleichen Niveau (etwa 400 m), auch die obere Grenze von sm^2 und sm^3 in den noch tiefer liegenden Schollen. Nur bei Obermossau zeigt die obere Grenze von sm^3 in einer tiefliegenden Scholle nordöstliches Einfallen. Am Morsberg fällt die obere Grenze von su nach O um 100 m auf 3750 m ($1\frac{1}{2}^0$). Noch weiter nördlich, auch auf den Blättern Groß-Umstadt und Neustadt, fällt die obere Grenze von su schwach nach O (etwa 2^0). Auf Blatt König lagern die verworfenen Schollen sehr flach. Die Schichtgrenzen sind fast horizontal. Danach scheint der Sattel am Ostrande des heutigen kristallinen Odenwaldes sein östliches Ende zu erreichen. Die horizontale oder sehr flache Lage der Schichten in den verworfenen Schollen kann vielleicht so erklärt werden, daß bei der Aufwölbung die Schichtentafeln im O abbrechen, statt sich aufzurichten. Die abgebrochenen Tafeln behielten ihre Lagerung bei. Oder, wenn das Absinken später stattfand,

nahmen sie dabei wieder flache Lage an. Nun fällt die Granitoberfläche in Grube Aussicht bei Waldmichelbach von „von Stollenmund E“ bis „W“ nach OSO auf etwa 925 m um 66 m = 4°; auf dem Profile aus der gleichen Grube auf 543 m um 50 m = $5^1/_3{}^0$ ebenfalls nach OSO. In Grube Ludwig bei Waldmichelbach fällt sie relativ sehr stark (etwa 10°) nach NO, ebenso die Oberfläche des Rotliegenden. Bei Rohrbach habe ich im Stollen Georg ein Fallen der Granitoberfläche von 8° nach O gemessen und bei zutage anstehendem Rotliegenden in der Nähe des Weges nach Oberkainsbach ein Fallen von 8° nach NO. Im Junoschacht fiel nach Mitteilung von Herrn Bergverwalter FOLMER das Rotliegende mit 4° nach OSO. Im allgemeinen wird die Neigung der Grundgebirgsoberfläche infolge ihrer unregelmäßigen Beschaffenheit häufig wechseln. Wenn man deshalb auch das an einem einzelnen Aufschlusse oder auf kurze Strecke beobachtete Fallen nicht verallgemeinern darf, so muß immerhin auffallen, daß in den angeführten Fällen die östliche Richtung vorherrscht, und es liegt nahe, ein allgemeines östliches Einfallen der Grundgebirgsoberfläche am Ostrande des kristallinen Odenwaldes anzunehmen. Dies wird durch unsere Karte bestätigt, auf der die Fläche im fraglichen Gebiet durchweg östliches Einfallen zeigt, das zwischen 3 und 5° schwankt. Bemerkenswert ist nun aber, daß da, wo Grundgebirgsoberfläche und Buntsandstein nach O geneigt sind, erstere etwas stärker einfällt als letzterer. So zeigt in einem Steinbruch am Bocksberge etwa nördlich von Grube Ludwig bei Waldmichelbach (250 m horizontale und etwa 80 m vertikale Distanz vom Stollenmunde von Grube Ludwig) der geröllführende Buntsandstein außerordentlich flache, kaum näher bestimmbare Schichtstellung, während Granit und Rotliegendes in Grube Ludwig relativ stark nach NO einfielen. Nach der geologischen Spezialkarte fällt die obere Grenze von sm^2 vom Metzgersrod südöstlich nach dem Kohlwald nur um 60 m auf 1500 m ($2^1/_3{}^0$). Auch da, wo die obere Grenze von su und auch von sm^2 und sm^3 nach der geologischen Karte fast horizontale Lage hat, wie auf Blatt Erbach, zeigen sowohl Grundgebirgsoberfläche wie Perm verhältnismäßig starkes östliches Einfallen. Daraus wird man schließen, daß der östliche Abfall der Abtragungsfläche nicht ganz auf Rechnung der tertiären Aufwölbung zu setzen ist, wie das

wohl beim südlichen Einfallen am Südrande des kristallinen Odenwaldes und dem nördlichen am Nordrande der Fall ist, sondern zum Teil schon vor der Ablagerung des Buntsandsteines vorhanden war. Dazu kommt, daß Zechstein und Buntsandstein zuweilen nach W hin über das Verbreitungsgebiet des Rotliegenden hinauszugreifen scheinen, soweit das dürftige Beobachtungsmaterial einen Schluß gestattet. So bedeckt in Grube Aussicht bei Waldmichelbach der Zechstein ohne Rotliegendes den Granit und ebenso bei Hartenrod, während östlich davon in Grube Ludwig, bei Aschbach und Grasellenbach Rotliegendes vorhanden ist. Man kann sich ja allerdings denken, daß auch im W ursprünglich Rotliegendes vorhanden gewesen, aber vor der Ablagerung des Zechsteins wieder entfernt worden sei. Aber diese Annahme ist nicht genügend begründet (s. Bd. XII, S. 159—161). Ganz im W bei Weinheim lagern die abgesunkenen Buntsandsteinschollen direkt auf dem kristallinen Grundgebirge.[1]) Sollte diese Transgression nicht durch Anlagerung an das nach W ansteigende Grundgebirge verursacht worden sein? Beim Fehlen des Perms muß man zwar auch mit der Möglichkeit der Zerstörung ursprünglich vorhandenen Perms vor der Ablagerung des Buntsandsteins rechnen. Ferner sei auch auf die Mächtigkeitszunahme des Buntsandsteins in der Richtung nach SO hingewiesen; so ist in der Südostecke von Blatt Beerfelden die Mächtigkeit von sm_2 (Pseudomorphosensandstein) um 150 m größer als im W des Blattes.[2]) Vielleicht wurde sie durch eine tiefere Lage des Grundgebirges gegen SO hin verursacht.[3]) Endlich scheint auch das Vorherrschen der O-, SO- und NO-Richtung bei den Einsenkungen der Abtragungsfläche am Ostrande des kristallinen Odenwaldes (siehe die Höhenschichtenkarte) auf einen ursprünglichen Abfall nach O zu deuten. Danach hätte also das Gebiet des westlichen Odenwaldes am Schlusse des Perms oder schon innerhalb dieses eine höhere Lage gehabt als das des östlichen. Bei einer jüngst bei Eberbach bis auf den Granit niedergegangenen Bohrung zeigte allerdings das Rotliegende trotz Vorhandenseins des Zechsteins sehr geringe

[1]) Klemm, Hauptverz. 1910, a), S. 44.

[2]) Siehe dazu Klemm, Hauptverz. 1900, S. 12.

[3]) Nach Mitteilung von Herrn Bergverwalter Folmer beobachtete man bei Bohrungen bei Aschbach und beim Grubenbetrieb bei Bockenrod auch einen deutlichen Mächtigkeitszuwachs des Rotliegenden nach O hin.

Mächtigkeit, die nicht zugunsten eines Einfallens der Grundgebirgsoberfläche in der Zeit des Rotliegenden in SO-Richtung spricht, doch könnte hier auch eine lokale Abweichung in Gestalt eines Buckels der Abtragungsfläche vorliegen.[1] Bei Annahme einer primären östlichen Abdachung der Grundgebirgsoberfläche längs des Ostrandes des heutigen kristallinen Odenwaldes müßte man längs des ganzen Ostrandes die Transgression des Buntsandsteines über den Zechstein auf Grundgebirge nach W hin erwarten. Diese ist auch teilweise vorhanden. Eine Ausnahme scheint aber die Gegend von Neustadt i. O. zu bilden, wo Buntsandstein ohne Rotliegendes und Zechstein direkt auf Grundgebirge lagert, während westlich davon Zechstein vorhanden ist. Muß nun nicht die Umgebung von Neustadt als Denudationsgebiet im ganzen Perm höhere Lage gehabt haben als die Akkumulationsgebiete? Indessen kann die allgemeine Tatsache, daß Denudationsgebiete höhere Lage haben als Akkumulationsgebiete mit gleicher Erosionsbasis, im Odenwalde bei der Erschließung ursprünglicher räumlicher Beziehungen nur mit Vorsicht als Schlüssel verwendet werden, weil mit der Möglichkeit großer Abtragungen von Zechstein und Rotliegendem vor Bildung des Buntsandsteins gerechnet werden muß (s. Bd. XII, S. 159—161) und man also beim Fehlen permischer Ablagerungen nie sicher ist, ob auch wirklich ein Denudationsgebiet aus der Zeit des Perms vorliegt oder ob nicht doch Sedimentbildung stattgefunden hat. Immerhin wäre es möglich, daß die Gegend von Neustadt ebenso wie der nahe kristalline Spessart im Rotliegenden eine höhere Lage besaß. In diesem Falle wäre im N das östliche Einfallen der Abtragungsfläche ursprünglich gar nicht oder nur auf kurze Strecke vorhanden gewesen.

Die geringfügige Entwicklung des Rotliegenden längs der Denudationssteilstufe des Deckgebirges, mit der im nördlichen Vorlande verglichen, zeigt, daß der westliche Odenwald, ebenso wie der benachbarte Spessart, fast bis zum Schlusse der Rotliegendzeit das nördliche Vorland überragte und eine horizontale Ablagerungsgrenze für die Sedimente des Rotliegenden bildete. Ja es scheint nicht ausgeschlossen, daß die als Rotliegendes gedeuteten, das Grundgebirge überdeckenden Arkosen

[1]) W. Salomon, Hauptverz. 1911, a).

im inneren Odenwald erst im Zechstein abgelagert wurden. Dann wäre dieses Gebiet noch viel länger ausschließlich Abtragungsfeld geblieben.

Die im Vorigen angeführten Tatsachen möchte ich als einen Hinweis betrachten, daß das Grundgebirge im westlichen Odenwalde im Perm auch das im östlichen überragte. Vielleicht kündigt sich darin eine im letzteren gelegene permische Senke an, die wir unter dem Schichtgebirge nicht weiter verfolgen können. Es läßt sich deshalb nicht darüber diskutieren, ob sie an Tiefe und Umfang der nördlich gelegenen Saar—Mainsenke gleichkam oder nicht.

Nach THÜRACH sollen sich nun aber in der Gegend von Heidelberg außer den bisher betrachteten noch eine ganze Reihe weiterer Störungen ereignet haben. Sie sollen noch vor Ablagerung des Buntsandsteines Senkungen erfolgt sein. Auch in den Erläuterungen zu der ersten Auflage von Blatt Heidelberg ist von „Senkungserscheinungen“ im Zusammenhange mit den permischen Eruptionen die Rede, ohne daß aber Näheres darüber ausgeführt wird (S. 7). In denen zu der zweiten Auflage heißt es S. 9: „Besonders im Kraichgau, südlich der Linie Leimen—Bammenthal, bis Bretten reichend, dürften einige in WSW—ONO-Richtung verlaufende Senkungsfelder entstanden sein, in denen dann das Steinkohlengebirge, vor der späteren Abtragung des Gebirges geschützt, erhalten geblieben sein dürfte“. Die Gründe für diese Annahme, auf die man bei dem vollständigen Unbekanntsein älterer Bildungen im genannten Gebiete wirklich gespannt sein darf, werden leider nicht mitgeteilt. „Aber auch auf dem Gebiete des Blattes Heidelberg hat sich zwischen der Ruine Schauenburg bei Dossenheim und Handschuhsheim ein solches etwa 3 km breites Senkungsfeld gebildet, das gegen O über Petersthal und zwischen Altneudorf und Schönau fortsetzen dürfte. In diesem Senkungsfeld tritt das Grundgebirge nirgends zutage; seine obere Grenze kann hier an keiner Stelle in über 150 m Meereshöhe liegen, während sie sich nördlich davon, am Ölberg, im Kanzelbachtal und bei Wilhelmsfeld, sowie südlich davon, bei Heidelberg, in über 250 m befindet“ (S. 9). An dieser alten karbonischen Störung sollen „später noch Absenkungen stattgefunden haben“. „Sie ist weiter östlich bei der Bachspring an dem südlichen Einfallen des Oberrotliegenden und der unteren Buntsandsteinschichten zu erkennen.“ Auch

die Schauenburgverwerfung steht zu ihr in Beziehung (S. 71). „Mit den Trümmergesteinen des Oberrotliegenden wurden schließlich diese jungen paläozoischen Senken völlig ausgefüllt" (S. 10). Für uns kommt nur das Senkungsfeld bei Dossenheim und Handschuhsheim in Betracht. THÜRACH hält es nach obigem für älter als das Rotliegende, für karbonisch (S. 9 und 71). Ferner soll es nach S. 74 „sehr wahrscheinlich" sein, daß in WNW-Richtung annähernd parallel der Schauenburgverwerfung „in dem Gebiete zwischen Wilhelmsfeld, Heiligkreuzsteinach, dem Eichelberg und der Hohenwaid schon in der paläozoischen Zeit Störungen erfolgt sind, welche die Entstehung der nordwestlich streichenden Gänge von Granitporphyr (Alsbachit), sowie später der Quarz- und Schwerspatgänge (im Weiten Tal) veranlaßt haben". Die Störungen dauerten angeblich in jüngerer Zeit fort; nun mußte also auch der Buntsandstein mitbetroffen werden. Die Molkenkurverwerfung setzt sich nach N in einer Mulde fort: „Die Hauptverwerfung setzt mit abnehmender Sprunghöhe noch in das Mühlental fort. Die sich nördlich anschließende Mulde zeigt an der Westseite des Leichtersberges und weiter bis in das Altenbachtal noch eine beträchtliche Vertiefung. Die hier auftretenden Verwerfungen . . . gehören zweifellos noch der Störungszone der Molkenkurverwerfung an, wenn auch hier die östlichen Gebirgsschollen an den Verwerfungsspalten gesenkt erscheinen" (S. 70). Danach soll die Bildung der Heidelberg—Altenbachmulde wohl mit der der Molkenkurverwerfung in genetischen Zusammenhang gebracht werden, ebenso wohl nach S. 69 eine Schichtenneigung nach der Molkenkurverwerfung hin: „An dem Gebirgsrücken Hochfirst — Königstuhl — Weißenstein beobachtet man häufig nach der Molkenkurverwerfung hin eine deutliche Schichtenneigung". Die Schichtenneigung ist an der Molkenkur weniger deutlich, „aber sehr schön westlich vom Schloß zu erkennen". Auch die westlich gerichtete Neigung der Auflagerungsfläche des Oberrotliegenden auf der Nordseite des Neckars wird, wie es nach dem Wortlaute scheint, so gedeutet: „Auf der Nordseite des Neckars ergibt sich aus der verschiedenen Höhenlage des Oberrotliegenden bei der Kühruhe (260 bis 270 m) und an der Verwerfung beim Philosophenweg (190 bis 210 m) eine Absenkung gegen diese Verwerfung im Betrage von 60—70 m, die derjenigen am Schloßhügel entspricht".

Nach S. 72 hebt sich am Ochsenlager und Lärchengarten südlich des Wilhelmsfeld—Schönauer Senkungsfeldes „das Gebirge kuppelförmig heraus und schiebt sich dann wie ein Rücken südlich über Neckargemünd hinaus vor". Über die Entstehung der Kuppel spricht sich der Verfasser nicht näher aus. „Sehr bedeutende Störungen sind auch noch im nördlichen Teile des Blattes Heidelberg vorhanden. Der tiefen Mulde an der Westseite des Leichtersberges, die sich noch bis Altenbach erstreckt, entspricht die kuppelförmige Auftreibung des Buntsandsteingebirges und seiner Unterlage beim Schriesheimerhof unfern Wilhelmsfeld (vgl. Profil II der Karte). Nördlich derselben ist in der Zone Centwald—Altenbach eine Mulde entwickelt, die in WNW-Richtung verläuft. Nördlich von dieser Mulde steigen die Buntsandsteinschichten wieder stark an. Man erkennt dies schon südlich von Heiligkreuzsteinach an dem Auftauchen des Rotliegenden und sehr deutlich im oberen Belschbachtal und beim Kohlhof. Auch über dem Eichelberg bei Ursenbach-Lampenhain müssen die Buntsandsteinschichten einst vorhanden gewesen sein und der Schichtenanstieg von Altenbach nach dem Eichelberg dürfte auf $1^1/_2$ km Entfernung wenigstens 200 m betragen haben. Diese Störung müßte tertiären Alters sein."

Kritik der THÜRACH'schen Annahmen.

Die Vertiefung der Granitoberfläche zwischen der Ruine Schauenburg bei Dossenheim und Handschuhsheim, die auch auf der dem ersten Teile der Abhandlung beiliegenden Karte der Fläche zur Darstellung gelangt ist, wenn auch mit geringerer Tiefe[1]), ist auch nach THÜRACH vorpermischen Alters. Auf welche Gründe sich die Vermutung, daß sie sich bis Altneudorf und Schönau fortsetzt, stützt, erfahren wir nicht. Ihre Entstehung durch Senkung wird sich auch schwerlich beweisen lassen. Man läßt wohl besser die Art und Weise der Entstehung dahingestellt. Das Problem der Bildung der Hohl- und Schwellformen der Grundgebirgsoberfläche wird hier später im Zusammenhange behandelt. Die palä-

[1]) Die Differenz rührt daher, daß ich eine geringere Dicke der Porphyrdecke und der in Betracht kommenden Buntsandsteinschichten annahm als THÜRACH in seiner Lagerungsskizze.

ozoischen Störungen in dem Gebiete zwischen Wilhelmsfeld, Heiligkreuzsteinach, dem Eichelberg und der Hohen Waid, die zur Bildung von Spalten führten, dürften, wenn sie überhaupt stattgefunden haben (sie werden nur als sehr wahrscheinlich bezeichnet), mit der Aufrichtung des Grundgebirges im Zusammenhang stehen, also der Ablagerung des Perms zeitlich vorausgegangen sein. Daß eine Mulde der Buntsandsteinschichten zwischen Handschuhsheim und Altenbach die Verbindung zwischen Molkenkur- und Schafpferchverwerfung darstellen, also gleichzeitig mit diesen Verwerfungen entstanden sein soll (was zwar nicht ausdrücklich gesagt wird, aber zwischen den Zeilen zu lesen ist), ist auch nur Vermutung, die sich wohl auf die Übereinstimmung in der Richtung stützt. Diese kann aber auch zufällig sein. Daß die Mulde im Altenbachtale östlich der Schafpferchverwerfung noch neben dieser bei der Grundgebirgsoberfläche vorhanden ist, scheint mir nicht für die THÜRACH'sche Auffassung zu sprechen. Und zwar steigt die Auflagerungsfläche des Rotliegenden gegen die Verwerfung hin sehr stark an, gerade da, wo auf der THÜRACH'schen Lagerungsskizze das Wort Mulde steht. Daß die Mulde der Granitoberfläche im Altenbachtale etwa durch Schleppung an der Verwerfung entstanden sein soll, dürfte mechanisch schwierig zu erklären sein. Wichtig scheint mir auch der Umstand, daß die Mulde hier, wo sie an der Granitoberfläche zu beobachten ist, viel tiefer ist als weiter südlich, wo sie nur an den Grenzen der Buntsandsteinstufen (etwa obere Grenze von smψ) verfolgt werden kann. Das deutet auf Entstehung vor Ablagerung des Buntsandsteines. In diesem Falle hätte die Quarzporphyrlava zur vollständigen Einebnung nicht ausgereicht. Weiter südlich in der Fortsetzung der genannten Mulde bildet der Buntsandstein nach Korrektur der Molkenkurverwerfung einen schwachen Sattel. Auch dieser Umstand scheint darauf hinzuweisen, daß die schwachen Unebenheiten der Buntsandsteinschichten in der Entstehung von der Molkenkurverwerfung unabhängig sind.

Die „Schichtenneigung nach der Molkenkurverwerfung hin" soll am schönsten westlich vom Heidelberger Schloß zu erkennen sein. Hier hat aber schon SALOMON nachgewiesen, daß der untere Buntsandstein diese Neigung gar nicht besitzt, sondern nur die Granitoberfläche und das Perm. Das Fallen des Buntsandsteins steht senkrecht zur Fallrichtung der Granit-

oberfläche, also kann die Neigung der letzteren nicht erst durch tertiäre Gebirgsbewegung entstanden sein.[1]) Die später zu erörternde, im Schloßgraben und unter dem Schlosse vorhandene Diskordanz zwischen den Schichten des Rotliegenden und der Granitoberfläche zeigt, daß die westliche Neigung der letzteren auch nicht durch eine Gebirgsbewegung vor Ablagerung des Buntsandsteins und nach der des Rotliegenden hervorgerufen, sondern älter als das Rotliegende ist. Wir müssen hier also eine primäre Neigung der Granitoberfläche annehmen.

Wie verhält es sich aber dann, wenn die Schichten des Deckgebirges, insbesondere der Buntsandstein, die Unebenheiten der Grundgebirgsoberfläche mitmachen, indem sie muldenförmige oder sattelförmige Lagerung zeigen? Dies kommt in der Gegend von Heidelberg häufig vor. Hier nimmt der Buntsandstein nicht nur an der Bildung des großen Pfälzer Wald—Odenwaldsattels teil, sondern er bildet auch noch eine Anzahl kleinerer Mulden und Sättel zweiter Ordnung. Die Buntsandsteinschichtflächen liegen nicht bloß nicht horizontal, sondern sind auch schwach uneben. Unter jedem Sattel liegt eine Erhebung, unter jeder Mulde eine Vertiefung der Grundgebirgsoberfläche; daher sind diese Unebenheiten der Buntsandsteinschichten auch aus der Karte der permischen Abtragungsfläche zu ersehen (δ-Punkte); sie sind auch auf der THÜRACH'schen Lagerungsskizze dargestellt.[2]) Es ist von Interesse, diese Mulden- und Sattelbildung an den Grenzflächen der Horizonte zu verfolgen, etwa an der Hand von Höhenschichtenkarten der einzelnen Flächen (etwa 50:50 m). Die Beschaffenheit der oberen Grenze von su ist aus der THÜRACH'schen Skizze zu ersehen. An der oberen Grenze von c_1 ist nach der geologischen Spezialkarte (Blatt Heidelberg) zu erkennen eine Mulde im unteren Siebenmühlental, ein Sattel am Heiligenberg, eine Mulde im Steinbachtale nördlich Ziegelhausen, ein Sattel am Schriesheimerkopf bei Wilhelmsfeld, eine Mulde am Centwald—Kohlerwald und ein starker Anstieg nach N zum Röschberg bei Vorderheubach. An der oberen Grenze von $_sm\psi$ ist festzustellen eine Mulde am Siebenmühlental[3]), ein Sattel am Heiligenberg, ein

[1]) W. SALOMON, Hauptverz. 1909, a), S. 12.
[2]) THÜRACH, Hauptverz. 1909, S. 65.
[3]) Die Verwerfungen sind dabei korrigiert gedacht.

schwacher Sattel südlich Wilhelmsfeld bei Schriesheimerkopf—Pfarrwald, eine Mulde am Centwald; bei der 450- und 400-Kurve ist die Centwaldmulde nicht erkennbar. Die Mulde im Steinbachtal bei Ziegelhausen ist bei ihr noch undeutlicher als bei der oberen Grenze von c_1 (350-, 400-, 450-Kurve. Die 250- und 300-Kurve bilden eine nordsüdlich gerichtete Mulde zwischen Neckargemünd und Schönau und einen Sattel östlich davon in der Richtung Schönau—Ruhstein. Auf Blatt Birkenau bildet die obere Grenze von smψ am Kautzekopf einen flachen, nach S vorspringenden Rücken, auf Blatt Beerfelden südwestlich Unterschönmattenmag eine flache Vertiefung. Bei der oberen Grenze von sm (Hauptbuntsandstein) scheint auf Blatt Heidelberg nur noch eine schwache Aufsattelung am Lammerskopf vorhanden zu sein. Die obere Grenzfläche von sm_3 (zum Hauptbuntsandstein gehörig) zeigt auf Blatt Beerfelden an der gleichen Stelle wie die Oberfläche von smψ eine Einsenkung. Weiter nördlich auf Blatt Erbach sind die Schichtflächen nach der geologischen Spezialkarte ziemlich eben.

Es fragt sich nun, ob diese Unebenheiten primär bei der Ablagerung oder erst sekundär durch Gebirgsbewegungen entstanden sind. Die Frage ist sehr wichtig, denn wenn sie nachträglich entstanden wären, so wären damit auch die Erhebungen und Vertiefungen der darunter befindlichen Grundgebirgsoberfläche, die unsere Karte verzeichnet, sekundären Ursprungs, spätere Verbiegungen. Mulden- und sattelförmige Lagerung brauchen nicht unbedingt durch Faltung, sondern können auch durch Auflagerung auf unebenem Grunde entstehen, indem sich die Sedimente diesem anschmiegen. Es lassen sich dafür genügend Beispiele anführen. In den großen Trögen oder Wannen des Grundgebirges, in denen die oberkarbonischen und rotliegenden Schuttmassen Platz fanden, zeigen diese, sofern die ursprüngliche Schichtstellung noch erkennbar ist, muldenförmige Lagerung, so im erzgebirgischen und Döhlener Becken. Nicht bloß das erzgebirgische Becken als Ganzes läßt sich anführen, sondern auch untergeordnete Unregelmäßigkeiten innerhalb des Beckens. So ist auf Blatt Stollberg—Lugau die Schichtenneigung des Karbons mannigfachen Schwankungen unterworfen, welche wesentlich die Folge größerer oder kleinerer Sättel und Mulden oder sonstiger Unebenheiten des die Basis

bildenden Phyllites sind (s. oben S. 105). Wie lassen sich nun tektonische Mulden bzw. Sättel von Ablagerungsmulden und -sätteln unterscheiden? Erstere können schon an der Steilheit der Schichtstellung erkennbar sein. Neigungen bis zu 20° können auch durch Anlagerung entstehen; so beträgt im erzgebirgischen Becken das Fallen des Karbons auf Sektion Zwickau in den tiefsten Flözen 15—20°, das der Schichten des Unterrotliegenden 15°. Auf Sektion Lichtenstein zeigt das Unterrotliegende am Südrande des Beckens Neigungen bis 15°, am Nordrande bis über 20° (s. oben S. 103). Auch in Albersweiler (Pfalz) fällt das Rotliegende am Westabhang des Gneisrückens mit 8—10° nach W und NW. Zur Annahme von Störungen ist hier wohl keine Veranlassung. Bei Beträgen über 20° wird man im allgemeinen Entstehung durch Faltung annehmen müssen, doch können unter besonderen Verhältnissen auch steilere Neigungswinkel primär entstehen, wie bei der Übergußschichtung an steilen Riffen im Meere oder bei der Schuttkegelschichtung im Hochgebirge. Ablagerungsmulden geben sich durch allmähliche Einebnung, durch Verflachung der Neigung nach oben, also durch Mächtigkeitszunahme der Schichten nach dem Inneren zu, und durch Transgression der jüngeren Stufen an den Muldenrändern zu erkennen. So nimmt im erzgebirgischen Becken auf Sektion Zwickau das Gefälle des Rotliegenden von unten nach oben allmählich von 15° auf 3° ab. Auf Sektion Lichtenstein besitzt das Unterrotliegende Neigungen von 15° bis über 20°, das Oberrotliegende hingegen nur noch 3—10° (s. oben S. 103). Die oberen Lagen machen die kleinen Unebenheiten der Unterlage nicht mehr mit, nur noch die größeren. Die Mulden und Sättel des Phyllites auf Sektion Stollberg-Lugau machen sich nur in der Lagerung des Karbons geltend. Vom Perm am Südfuße des Riesengebirges bemerkt KATZER[1]), daß nur die Konglomerate der untersten Stufe, welche unmittelbar dem archäischen Riesengebirge auflauern, in der Streichungslinie noch alle Biegungen der Urgebirgsgrenze mitmachen (s. oben S. 133). Bei den tertiären tektonischen Mulden und Sätteln der oberrheinischen Randgebirge findet keine Verflachung statt; die Schichtflächen bleiben bis obenhin ziemlich parallel oder konkordant,

[1]) Hauptverz. 1889, S. 1188 ff.

vorausgesetzt, daß sie es vor der Verbiegung auch schon waren.[1]) Daß bei Ablagerungsmulden oft genug selbst Sedimentdecken von mehreren hundert Meter Mächtigkeit noch nicht zur völligen Einebnung ausreichen, zeigt ebenfalls das erzgebirgische Becken. Denn nach CREDNER[2]) nehmen auch die Letten der Oberrotliegendstufe noch nach dem Beckeninneren an Mächtigkeit zu, und auf Sektion Lichtenstein zeigt das Oberrotliegende noch Neigungen von 3—10°.[3]) Entstehen durch eine einzige Faltung mehrere Mulden und Sättel gleichzeitig, so müssen sie einigermaßen paralleles Streichen erhalten.[4]) Die Unebenheiten des Buntsandsteins bei Heidelberg sind äußerst flach. Es handelt sich immer nur um Neigungen von wenigen Graden. THÜRACH führt ein Beispiel besonderer Steilheit der Lagerung an. Der Schichtenanstieg von Altenbach nach dem Eichelberg soll auf $1^1/_2$ km Entfernung wenigstens 200 m betragen haben (= $7^1/_2{}^0$).[5]) Hier ist aber gar kein Buntsandstein mehr vorhanden, der Anstieg ist nur an der Grundgebirgsoberfläche zu beobachten. THÜRACH nimmt an, daß der früher vorhandene Buntsandstein diesen Anstieg mit derselben Steilheit mitgemacht habe. Das Beispiel ist also nicht beobachtet, sondern konstruiert. Übrigens würde ein Anstieg von $7^1/_2{}^0$ noch nicht zu einer tektonischen Erklärung zwingen. Selbst die ehemalige volle Entwicklung des Perms und unteren Buntsandsteines auf dem Eichelberg angenommen, dürfte folgende Konstruktion zuverlässiger sein als die THÜRACH'sche: am Röschbach südöstlich Altenbach liegt die obere Grenze von su nach der geologischen Karte bei 380 m (in der ganzen Umgebung liegt sie höher!); auf dem Eichelberg (Perm 20 m, su 50 m) würde die gleiche Fläche etwa bei 600 m gelegen haben. So beträgt der Anstieg auf 2250 m etwa 220 m. Das sind nur etwa $5^1/_2{}^0$. Es ist aber sehr leicht möglich, daß auf dem Eichelberg sowohl Perm wie unterer Buntsandstein eine verminderte

[1]) Tektonische Diskordanzen, wie wir sie in steil gefalteten Gebirgen (z. B. Alpen) zahlreich kennen, sind bei uns nicht nachgewiesen.

[2]) CREDNER, Hauptverz. 1880, S. 118.

[3]) MIETZSCH, Hauptverz. 1877, a), S. 50.

[4]) Nach VAN WERVEKE sollen auch senkrecht zum Hauptstreichen gerichtete Querwellen vorkommen, Hauptverz. 1910, b), S. 23.

[5]) THÜRACH, Hauptverz. 1909, S. 74.

noch flacher. THÜRACH wählte vielleicht die Strecke Altenbach—Eichelberg, weil sie auf der Achse der Centwald—Altenbachmulde ungefähr senkrecht steht, um so die größte Neigung des Muldenflügels zu erhalten. Die Strecke Röschbach—Eichelberg ist nicht normal zur Muldenachse. Man könnte also denken, daß senkrecht zur Achse die Schichtstellung vielleicht doch steiler sein könnte. Nun zeigt aber die obere Grenze von su im oberen Belschbachtale und bei Hinterheubach normal zur Achse nach der geologischen Karte gar kein oder nur ganz schwaches Ansteigen, ebenso die obere Grenzfläche von c_1. Schief zur Muldenachse dagegen vom Hilsbachtal nach NW; zum Röschberg steigt die Oberfläche von su auf 1250 m um 85 m = 4°; dann am steilsten auf 375 m um 60 m = 9°; endlich wieder sanfter auf 425 m um 40 m = 5½°). Auch die obere Grenze von smψ dürfte senkrecht zur Achse vom Centwald zum Lockersberg ehemals nur sehr wenig angestiegen sein. Weiter nordwestlich aber gegen Altenbach zu steigen die Schichten senkrecht zur Achse stark an, was allerdings nur auf kurze Strecken festzustellen ist, so die obere Grenze von su vom Röschbach in der Richtung nach dem Kohlhof um 80 m auf 400 m = 11⅓°; die obere Grenze von c_1 vom Kohlerwald zum Köhlerswald um 80 m auf 475 m = etwa 9½° (ein kurzes Stück sogar auf 300 m um 60 m = 11⅓°). Dabei ist aber zu berücksichtigen, daß der oberen Grenze von c_1 nach der Natur des Geröllhorizontes wohl schon von Anfang an größere Unebenheiten eigen gewesen sein können, auch daß die sichere Abgrenzung von su und c_1 nach oben auf bewaldetem Gebiete nicht bloß sehr schwierig, sondern oft unmöglich ist. Auf kurze Strecken können dann kleine Ungenauigkeiten in der Schichtgrenzenbestimmung schon einen großen Fehler in der Berechnung der Neigung bedingen. Auch können in der Umgebung der „Kipp" primäre Unebenheiten der oberen Grenze des Rotliegenden mitspielen. Im Nordflügel der Centwald—Altenbachmulde haben die Sedimente der Heidelberger Gegend die steilste Schichtstellung (verworfene Schollen ausgeschlossen); sonst ist sie überall wesentlich flacher. Und selbst hier ist in keinem einzigen Falle die Schichtstellung derart, daß sie nur durch eine Gebirgsbewegung entstanden gedacht werden könnte. Wo eine verhältnismäßig steile Mächtigkeit besessen haben. In diesem Falle wäre der Anstieg

Schichtstellung vorzuliegen scheint (obere Grenzen von su und c_1), sind es tiefe Horizonte. Von höheren ist keine stärkere Neigung nachzuweisen. Vor allem aber zeigt auf dem Nordflügel der Centwald—Altenbachmulde das Fallen der Schichten nach Größe und Richtung solche Schwankungen, daß man daraus auf einen ganz unregelmäßigen Bau der Senke schließen muß (siehe eine genaue Wiedergabe der Form auf der Karte der permischen Abtragungsfläche, auch auf der THÜRACH'schen Lagerungsskizze). Diese Unregelmäßigkeit der Gestalt scheint mir die Entstehung dieser Mulde durch Faltung sehr in Frage zu stellen.

Die Untersuchung über eine etwaige allmähliche Einebnung oder Verflachung der Syn- und Antiklinalen in höheren Regionen ist durch verschiedene Umstände erschwert. Erwünscht wären dafür Querprofile, die alle Schichtenglieder bis hinauf etwa zum obersten Buntsandstein oder Muschelkalk durchschneiden. Nun sind natürliche Profile in dem Gebiete überhaupt selten, solche in der erforderlichen günstigen Richtung aber erst recht. Dann schneidet infolge der Schiefstellung der Schichtentafeln durch die tertiäre Aufbiegung die heutige Erdoberfläche die Schichtflächen in schiefem Winkel, so daß nie alle Schichtenglieder sichtbar sind. Im SO fehlt die Basis des Profils, da die Erosion nicht tief genug hinabgreift, im NW der Abschluß nach oben, da die obersten Glieder durch Abtragung entfernt sind. Man kann auch daran denken, die Verflachung an Höhenschichtenkarten der wichtigsten Schichtflächen zu studieren. Sie müßte sich bei gleicher Vertikaldistanz der Höhenschichten in einer Zunahme der Horizontaldistanz zeigen. Nun ist es aber schon schwierig genug, von den tiefsten Niveaux Höhenschichtenkarten zu zeichnen; bei den höheren ist es noch schwieriger, da die Schichtentafeln nur in dürftigen Resten erhalten sind und ihre Ausstriche am Gehänge eine geringere Länge besitzen als bei den tieferen. Die obere Grenze von $sm\psi$ ist die oberste Schichtfläche, von der im fraglichen Gebiete überhaupt noch eine Karte gezeichnet werden kann, und diese bleibt fragmentarisch, wenn man sich auf das Tatsächliche beschränken und die Lücken nicht durch sehr weitgehende Interpolation ausfüllen will. Am wichtigsten wären aber zur Feststellung der Verflachung gerade die obersten Horizonte. Wie schon oben dargelegt, lassen sich an der oberen

Grenzfläche von smψ noch wichtige Sättel und Mulden erkennen, wenn sie auch recht flach sind. Also war die Einebnung durch den Pseudomorphosensandstein noch nicht vollendet. Sollte man sich darüber wundern, daß dies selbst durch einen etwa 200 m mächtigen Schichtenkomplex noch nicht geschehen konnte, so sei nochmals auf das erzgebirgische Becken verwiesen, in dem in viel höherem Niveau die Einebnung noch nicht vollständig ist. Auch die Flachheit der Schichtstellung überhaupt, die schon in den tieferen Niveaux nicht allzusehr von der Horizontalen abweicht, erschwert den Nachweis der Verebnung nach oben hin. Diese zeigt sich infolgedessen nur in unbedeutenden, schwer feststellbaren Verflachungen der Neigung.

Die THÜRACH'sche Karte der Obergrenze von su und meine Karte der permischen Abtragungsfläche zeigen in der Lage der Mulden und Sättel im wesentlichen Übereinstimmung. Man könnte versucht sein, daraus einen Beweis für die Konkordanz der Grundgebirgsoberfläche mit den Schichtflächen des Buntsandsteins und damit für die tektonische Entstehung der Unebenheiten beider herzuleiten. Ich möchte diesem Schlusse vorbeugen. Die THÜRACH'sche Skizze enthält Höhenschichten von 20:20 m. Eine solche Ausführlichkeit ist nur erreichbar, indem an Stellen, wo die fragliche Schichtfläche durch jüngere Sedimente verdeckt ist, die Lagerungsform dieser höheren Schichten nach unten, und da, wo nur Granitoberfläche oder Permschichtflächen zu beobachten sind, diese nach oben projiziert werden. Ebenso ist meine Karte der Grundgebirgsoberfläche, da wo diese durch das Deckgebirge verhüllt ist, mehr eine Darstellung der Form der Schichtflächen als der Abtragungsfläche. Sie wird also schon eine Verflachung der letzteren darstellen. Die Übereinstimmung beider Karten im wesentlichen ist also selbstverständlich, beweist aber nicht etwa die Konkordanz der Grundgebirgsoberfläche mit den Schichtflächen der jüngeren Sedimente.[1]) So bleiben zum Studium

---

[1]) Bei dieser Gelegenheit möchte ich bemerken, daß ich die Karte der permischen Abtragungsfläche für die Heidelberger Gegend im ersten Entwurf schon vor dem Erscheinen der zweiten Auflage von Blatt Heidelberg vollendet hatte. Darauf u. a. bezieht sich SALOMON, Hauptverz. 1909, a), S. 12.

der Beziehungen zwischen Grundgebirgsoberfläche und den Sedimentschichtflächen in den Mulden und Sätteln nur die Querprofile einiger tiefer Erosionseinschnitte übrig.

a) Quer zum Rimbachtal, einem linken Seitentale des Altenbachtales (Ostflügel der Handschuhsheim—Altenbacher Mulde) fällt nach der geologischen Spezialkarte die obere Grenze von rm auf 700 m um 30 m = $2^1/_2{}^0$; die Granitoberfläche auf 300 m um 50 m = $9^1/_2{}^0$; beide in südwestlicher Richtung. Die Fortsetzung des Profiles in nordöstlicher Richtung nach dem Heidenbuckel zeigt, daß die obere Grenze des Rotliegenden diese Neigung nach NO beibehält, daß also die angeführten Niveauunterschiede nicht auf eine Verwerfung zurückzuführen sind. Sehr schön zeigt auch ein in NNO—SSW-Richtung vom Heidenbuckel nach dem Leichtersberg geführtes Profil das stärkere Einfallen der Granitoberfläche nach SSO gegenüber der oberen Grenze des Rotliegenden. Die sicherste fällt auf etwa 1200 m horizontal um 90 m = $4^1/_3{}^0$; die obere Grenze des Rotliegenden auf 1475 m horizontal um 40 m = $1^1/_2{}^0$. Eine Verwerfung erscheint nach dem Profile auch hier ausgeschlossen.

b) Auf einem Querprofile durch das Milsbachtal bei Wilhelmsfeld in der Richtung SSW—NNO vom Holzapfelbaum zum Centwald (Südflügel der Centwaldmulde) fällt nach der geolog. Karte die obere Grenze von smψ auf etwa 1600 m um 30 m = 1^0; die obere Grenze von c_1, auf 1100 m um 70 m = $3^2/_3{}^0$; die obere Grenze von su auf 700 m um 30 m = $2^1/_2{}^0$; die obere Grenze von rm auf etwa 500 m fast gar nicht; auch die Granitoberfläche zeigt auf 250 m kein Gefälle. Hier fällt der Mangel eines Gefälles bei der Granitoberfläche auf, während die obere Grenze von su eine geringere, die obere Grenze von c_1 aber sogar eine auffallend große Neigung zeigt. Der untere Geröllhorizont weist hier auf der südlichen Talseite nach der geologischen Karte eine auffallende Mächtigkeitssteigerung im Vergleich zu der nördlichen Seite auf. Darauf ist das starke nördliche Einfallen der oberen Grenze zurückzuführen. Die Schwierigkeit der Abgrenzung von c_1 nach oben und unten auf bewaldetem Gebiete ist dabei sehr in Betracht zu ziehen. Man wird sich daher fragen müssen, ob eine solche Mächtigkeitssteigerung tatsächlich vorhanden ist.

c) Ein zweites Querprofil weiter talabwärts beim „Unterdorf" in SSO—NNW-Richtung zeigt andere Verhältnisse: obere Grenze von c_1, fällt nach der geolog. Karte auf 750 m um 40 m = 3^0; obere

Grenze von su auf etwa 600 m um 50 m = etwa 5°; obere Grenze von rm auf 400 m um 40 m = 6°; Granitoberfläche auf 225 m um 40 m = etwa 10°. Die obere Grenze von smψ dürfte etwa auf 1700 m um 80 m gefallen sein = $2^2/_3$°. THÜRACH nimmt hier eine Verwerfung an, die mir jedoch angesichts des Umstandes, daß die Sedimentschichten überhaupt nicht horizontal liegen, sondern eine schwache Mulde bilden, keine Berechtigung zu haben scheint. Das Muldentiefste ist ungefähr am Centwald, und das Profil durchschneidet den südlichen Muldenflügel. Ganz sicheren Aufschluß gibt das Profil darüber allerdings nicht, aber die Annahme einer besonderen Verwerfung erscheint doch aus dem angeführten Grunde und namentlich auch mit Rücksicht auf die schwache Neigung der höheren Horizonte ungerechtfertigt.

d) Querprofil durch das Steinachtal nordwestlich Heiligkreuzsteinach vom Bauernwald zu den Jochäckern (Abfall zur Senke von Heiligkreuzsteinach—Vorderheubach) in der Richtung von NO nach SW: Die obere Grenze von su liegt auf der nördlichen Talseite nach der geologischen Karte bei 420 m; auf der südlichen steht bei 396 m noch su an, also zeigt die obere Grenze von su auf 1050 m fast gar kein Gefälle. Die obere Grenze von rm fällt auf etwa 750 m um etwa 35 m = $2^2/_3$°; die Granitoberfläche auf 450 m um 60 = $7^1/_2$°. Auf einem Profile vom Bauernwald nach SSW erkennt man, daß die Niveaudifferenzen auf beiden Seiten des oberen Steinachtales auf einem stetigen schwachen Abfall nach SW beruhen, nicht etwa auf einer Verwerfung.

e) Querprofil durch das Neckartal oberhalb Heidelberg vom Heidenknörzel zum Schloßhang in Richtung NNW—SSO (SO-Abfall des Heiligenbergsattels): Die obere Grenze von smψ fällt auf 1800 m um etwa 50 m = $1^1/_2$° (gleich Neigung des tertiären Odenwaldsattels!); dabei wurde am Heidenknörzel die obere Grenze von smψ zu 450 m angenommen. Die obere Grenze von c_1 fällt auf 1300 m um 60 m = $2^2/_3$° die von su auf 1100 m um 60 m = etwa 3°; die Granitoberfläche auf 675 m um 70 m = 6°. Daß hier eine Verwerfung unangebracht ist, wurde früher gezeigt (Bd. XII, S. 98).

Diesen Talprofilen seien noch zwei Bergquerprofile zugefügt.

f) Profil durch den Lammerskopf nördlich Neckargemünd, Richtung ONO—WSW: Die obere Grenze von smψ fällt nach der

geolog. Karte auf etwa 1600 m um 60 m, etwas über 2°; die obere Grenze von sm fällt auf 275 m nur um etwa 5 m.

g) Profil durch den Hungerberg nördlich Neckarsteinach, Richtung NS: Die obere Grenze von sm fällt auf 500 m um 20 m = etwa 2°; die obere Grenze von smψ auf 1300 m um 100 m = $4^1/_2$°. Man beachte, daß in den beiden letzten Fällen die Strecke, an deren Endpunkten das Gefälle beobachtet wird, beim tieferen Horizont länger ist als beim höheren, während es bei den Talprofilen umgekehrt war. Aber auch hier zeigt der tiefere Horizont die steilere Schichtstellung. In allen Fällen, mit Ausnahme von b), wird die Schichtstellung nach oben hin immer flacher, so daß diese Verflachung nicht den Eindruck des Zufälligen, sondern des Gesetzmäßigen macht. Und zwar schreitet die Verflachung derart nach oben fort, daß schon die obersten Glieder des Buntsandsteins horizontale Lage haben müßten, wenn sie noch vorhanden wären. Daß diese, und erst der ganze Schichtenkomplex von Muschelkalk, Keuper und Jura, der früher noch darüber lag, noch an der Bildung der Mulden und Sättel teilnehmen soll, kann man sich schwer vorstellen. Bei Entstehung durch Faltung müßte es aber in demselben Grade wie bei den tiefsten Lagen der Fall gewesen sein, oder sogar noch stärker. Die Strecken, längs deren das Gefälle bestimmt wurde, sind allerdings bei den verschiedenen Horizonten von verschiedener Länge, aber das ist nicht zu ändern. Daher sind die Ergebnisse bei den Talprofilen nur beweisend, wenn keine Verwerfung durch das Tal zieht. Im Falle b) wird von oben nach unten die Schichtstellung zunächst auch steiler, dann aber wieder flacher. Die Erscheinung kehrt sich also teilweise um. Vielleicht handelt es sich dabei um eine vorübergehende Unstetigkeit im Abfall der Granitoberfläche, die leicht verständlich wäre. Diese würde sich in den oberen Lagen, namentlich auf größere Strecke, nicht mehr bemerkbar machen. Auch können Mächtigkeitsschwankungen der höheren Lagen, insbesondere des Geröllniveaus, dabei mitspielen (siehe oben).

Endlich muß auch die Richtung der Mulden und Sättel bei der Entstehungsfrage mit in Betracht gezogen werden. Die Mulde Handschuhsheim—Altenbach verläuft etwa N 15 O. Nach S in der Gegend des Heiligenberges geht sie auffallenderweise in einen Sattel über. Dieser liegt in der Verlängerung der

Muldenachse. Die Centwald—Altenbachmulde streicht N 65 W. Bei den Sätteln ist eine bestimmte Streichrichtung schwer festzustellen. So stellt auch THÜRACH den Sattel vom Schriesheimer Hof gleichzeitig mit der Handschuhsheim—Altenbacher und der Centwald—Altenbacher Mulde zusammen. Die Bildung der Sättel und Mulden durch Gebirgsbewegungen wäre ein Faltungsvorgang, und man müßte dann doch eine Beziehung zu der für die Gegend wichtigsten Faltung, der Aufwölbung des Odenwaldes, erwarten. THÜRACH bringt sie indes wohl wegen der großen Differenz in den Richtungen mit anderen Vorgängen in Zusammenhang. Die Handschuhsheim—Altenbachmulde wird der Störungszone Molkenkurverwerfung—Schafpferchverwerfung zugeteilt, also mit der Entstehung des Rheintalgrabens in Beziehung gebracht. Bedenken dagegen wurden schon oben geltend gemacht. Insbesondere ist es nicht recht verständlich, warum dann in der Verlängerung der Muldenachse nach S am Heiligenberg der Buntsandstein (nach Korrektion der Molkenkurverwerfung) einen Sattel bildet. Dieser Umstand scheint darauf hinzuweisen, daß Mulde und Sattel unabhängig von den beiden NS streichenden Verwerfungen entstanden sind. Die Entstehung der Centwald—Altenbachmulde und der Sättel nördlich und südlich davon soll ein Wiedereinsetzen von den Gebirgsbewegungen, die in der paläozoischen Zeit ungefähr an derselben Stelle stattgefunden haben, darstellen. Es ist zwar nicht sicher, ob diese Vorgänge auch wirklich sich ereignet haben, sondern nur „sehr wahrscheinlich". Auf den unregelmäßigen Bau der Centwald—Altenbachmulde wurde schon früher hingewiesen. Er ist dadurch hervorgerufen, daß die Achse des Sattels, den nördlich davon Grundgebirgsoberfläche und Sedimente bilden (Sattel rein morphologisch verstanden), nicht parallel zu der Muldenachse (WNW—OSO) verläuft, sondern konvergent in der Richtung NNW—SSO. Das ist auch auf der THÜRACH'schen Lagerungsskizze zu sehen. Wie soll man sich da die Entstehung von Mulde und Sattel durch einen einzigen Faltungsprozeß vorstellen? Nimmt man für die eben genannten Unebenheiten der Buntsandsteinschichtflächen tektonischen Ursprung an, so muß es folgerichtig auch für die anderen geschehen, so für die Mulde zwischen Lammerskopf und Auerhahnkopf (Richtung NS)[1]); zwischen den Büchsenäckern bei

[1]) Siehe die Karte der permischen Abtragungsfläche, Teil I.

Ziegelhausen und dem Lerchengarten bei Schönau (N 60 W); für die flache Einmuldung in der Richtung Peterstal—Hohe Waid (Richtung SO—NW); für den Sattel am Lärchengarten (Richtung etwa N—S), für die Mulde Heiligkreuzsteinach—Lampenhain (Richtung etwa SSO—NNW); für Mulde und Sattel zwischen Laxbach- und Steinachtal (Richtung etwa N—S); für den Sattel am Kautzekopf auf Blatt Birkenau (Richtung etwa N—S); für die Mulde westlich Unterschönmattenwag auf Blatt Beerfelden (Richtung etwa SO—NW) usw. Die Richtungen divergieren zu sehr, als daß eine einzige Gebirgsbewegung zur Erklärung ausreichte. Große Schwierigkeiten dürften einer tektonischen Erklärung unmittelbar benachbarte Mulden und Sättel dadurch bereiten, daß Mulden und Sattelachse konvergieren (Centwald—Altenbach) oder daß sich in der Verlängerung der Muldenachse ein Sattel erhebt (Handschuhsheim — Altenbachmulde und Heiligenbergsattel). Die Streichlinie des Odenwald-Hauptsattels (etwa SW—NO), die man am häufigsten erwarten sollte, ist merkwürdigerweise bei Heidelberg gar nicht vertreten. Dagegen kommt die herzynische Richtung, die doch in der Tektonik des Odenwaldes sonst keine Rolle spielt, häufiger vor. Man könnte natürlich einzelne NW—SO streichende Mulden als Querwellen zum Odenwaldsattel auffassen, wie es ähnlich in anderen Gebieten VAN WERVEKE tut.[1]) Aber die Entstehung solcher Querwellen bei einer Faltung bereitet dem mechanischen Verständnis des Vorganges keine geringen Schwierigkeiten.[2]) N—S streichende Mulden und Sättel lassen sich mit dem Rheintalgraben in Beziehung bringen. Schließlich gibt es überhaupt keine Richtung mehr, die man nicht unter Anwendung von mehr oder weniger Gewalt in ein System hineinpressen könnte. Ein solches Schraubstockverfahren ist aber nicht bloß willkürlich, sondern vor allem gewaltsam und unnatürlich. Nach all dem scheint mir die ungezwungenste, einfachste und bestbegründete Auffassung der Mulden und Sättel der Sedimente und der Grundgebirgsoberfläche bei Heidelberg die zu sein, daß diese Unebenheiten schon bei der Ablagerung der Sedimente entstanden, dadurch daß die Granitoberfläche verhältnismäßig

[1]) VAN WERVEKE, Hauptverz. 1910, b), S. 23.

[2]) Wie mir Herr Prof. Dr. SALOMON mitteilt, werden die früher in den Alpen angenommenen Querfalten jetzt ganz anders und viel einfacher erklärt.

große Unregelmäßigkeiten aufwies und die Sedimente sich dem unebenen Grunde anschmiegten, wodurch ihre Lagerung auch unregelmäßig wurde. Diese Unregelmäßigkeiten gleichen sich nach oben hin allmählich aus.

Mancher wird geneigt sein, auch in anderen Gegenden des Odenwaldes die Unebenheiten der permischen Abtragungsfläche, die auf meiner Karte verzeichnet sind, auf solche jüngere Verbiegungen oder Verwerfungen zurückzuführen, die zwar vorhanden, aber mangels geeigneter Aufschlüsse nicht sicher nachweisbar seien. Die Frage kann nur im einzelnen Falle da, wo die Lagerung des Deckgebirges genau zu erkennen ist, mit Sicherheit beantwortet werden. Natürlich ist die Zahl der wirklich vorhandenen Störungen größer als die der beobachteten, aber das allein berechtigt noch nicht dazu, für alle Niveaudifferenzen eine tektonische Ursache zu fordern. Denn in zahlreichen Fällen läßt sich die primäre Unebenheit der Grundgebirgsoberfläche sicher feststellen. Daraus sieht man, daß Niveaudifferenzen dieser Fläche auf Grund ihrer Entstehung eigentümlich sind.

Die Unregelmäßigkeiten in der Lagerung des Gebirges bei Heidelberg erinnern an die, wie es scheint, allerdings bedeutenderen und zahlreicheren Unregelmäßigkeiten in der Lagerung des Rotliegenden im Thüringer Walde. Die Grenzflächen der Unterabteilungen des letzteren zeigen „fortgesetzte Auf- und Abbiegungen, welche sehr unbeständig in ihrer Richtung sind und von Ort zu Ort wechseln".[1]) Die Thüringer Geologen suchen den Grund dieser Unregelmäßigkeiten hauptsächlich in doppelter Richtung. Einmal fanden Sedimente wie Ergüsse von vornherein einen sehr unebenen Ablagerungsboden vor, und die Natur beider brachte es zusammen mit immer wieder einsetzenden Gebirgsbewegungen mit sich, daß der Ablagerungsboden auch für die höheren Stufen noch uneben blieb. Sedimente und Eruptivmassen schmiegten sich nun dem Boden an und erhielten so von Anfang an geneigte Grenzflächen. Als das Rotliegende später von den kretazeisch-tertiären Gebirgsbewegungen erfaßt wurde, waren die mechanischen Wirkungen dieser Vorgänge infolge der starken Beteiligung starrer, unregelmäßig geformter Eruptivmassen an seinem Aufbau andersartig als bei den nur aus

[1]) H. Loretz, Nachtrag 1906, S. 75.

Sedimenten bestehenden Formationen. Die schon vorhandenen Unregelmäßigkeiten wurden dadurch noch vergrößert.[1]) Von Interesse ist, daß Unebenheiten des Ablagerungsbodens als Ursache für Unregelmäßigkeiten von Schichtgrenzen angenommen wird, ähnlich wie es hier für das Gebirge bei Heidelberg geschehen ist.

Zu der Annahme, daß durch Besonderheiten des inneren Aufbaues die Unregelmäßigkeiten der Lagerung bei der tertiären Aufwölbung des Odenwaldes in ähnlicher Weise, wie es für den Thüringer Wald angenommen wird, gesteigert worden seien, liegt keine Veranlassung vor, da das Gebirge ja wesentlich einfacher gebaut ist und die Unregelmäßigkeiten der Lagerung viel geringer sind. Die zuerst angeführte Ursache, die Unebenheit des Auflagerungsbodens, dürfte bei Heidelberg zur Erklärung ausreichen.

Im Anschlusse daran seien aus dem Odenwalde und dessen nächster Umgebung einige weitere Fälle von Diskordanz zwischen Grundgebirgsoberfläche einerseits und Perm- und Buntsandsteinschichten andererseits zusammengestellt, die zwar mit den zur Rede stehenden Unebenheiten der Buntsandsteinschichten bei Heidelberg nicht direkt etwas zu tun haben, aber doch insofern zugunsten der eben entwickelten Auffassung sprechen, als sie die Unabhängigkeit vieler Unebenheiten der Grundgebirgsoberfläche von der Schichtstellung der Sedimente im allgemeinen und somit deren höheres Alter verbürgen.

a) Im Schloßgraben des Heidelberger Schlosses erschließt neben dem Torturm eine etwa N 75 O streichende Wand Granitoberfläche und Rotliegendschichten. Das Gefälle der Ausstrichlinie der Granitoberfläche nimmt von O nach W zu von $3^{1}/_{2}{}^{0}$ bis etwa 10^{0} etwa in der Richtung S 75 W. Das Fallen der Rotliegendschichten nimmt nicht zu. Daher ist im westlichen Teile des Aufschlusses eine Diskordanz der Rotliegendschichtfugen mit der Granitoberkante deutlich sichtbar.[2]) Nach freundlicher Mitteilung von Herrn Prof. Dr. A. SCHMIDT in Heidelberg, der den Untergrund des Heidelberger Schlosses untersucht hat, zeigt an der Westseite des Schloßhügels zwischen

---

[1]) H. LORETZ, Nachtrag 1906, S. 76; R. SCHEIBE, Nachtrag 1908, S. 124 u. 125; siehe auch oben S. 57 u. 58.

[2]) Granitoberfläche 10^{0}, darüber Rotliegendes 7^{0}; siehe SALOMON, Hauptverz. *1909, a)*, S. 11.

Schloßhof und Stückgarten wohl die Granitoberfläche die von THÜRACH betonte starke Neigung nach W, aber nicht das Rotliegende, wie THÜRACH angibt.[1] Die Schichten des letzteren waren entweder wagrecht oder fielen nur schwach nach W ein, schwächer als die Granitoberfläche. Besonders deutlich war dies bei einer Schürfung an der Westmauer des großen Westwalles im Stückgarten zwischen dem Rondell und dem dicken Turme im dortigen Verbindungsgang zu konstatieren. Die Schichtung des Rotliegenden war wagrecht oder in kaum merklichem Grade gegen W fallend; die Granitoberfläche fiel stärker nach W ein, so daß die Schichten des Rotliegenden deutlich an ihr abstießen.

An dem Aufschlusse hinter dem Scheffeldenkmal zeigen die Schichtfugen des Rotliegenden im Gegensatze zu der Unregelmäßigkeit und Unstetigkeit der Granitoberkante ruhigen, stetigen Verlauf.[2]

In geringer Horizontal- und Vertikalentfernung von diesen Stellen zeigt nach SALOMON der untere Buntsandstein ein ungefähres Gefälle von 5—8° nach S 25½ O, also in der Einfallrichtung der Granitoberfläche und des Rotliegenden bei den Aufschlüssen im Schloßgraben und beim Scheffeldenkmal gar kein Gefälle. Hier besteht also Diskordanz zwischen Granitoberfläche und Perm und eine solche zwischen beiden und dem unteren Buntsandstein.[3]

b) In der Grube Aussicht bei Waldmichelbach zeigt sich die Granitoberfläche sowohl in der Streich- wie Fallrichtung des Buntsandsteins stark uneben (s. Bd. XII, S. 156). In Grube Ludwig zeigten Granitoberfläche und Perm in nordöstlicher Richtung starkes Einfallen. Unweit nördlich davon (etwa 200 m horizontale und 50—70 m vertikale Distanz vom Stollenmunde) fallen in einem N 80 O streichenden Hohlwege schieferige Sandsteine (nach der geologischen Karte sm[1]) im Mittel mit vielleicht 8—10° nach etwa S 40 O; etwas weiter östlich (250 m horizontale, 80 m vertikale Distanz vom Stollenmunde) zeigen in einem Steinbruch kompakte geröllführende Sandsteine (ebenfalls sm[1]) sehr flache Schichtstellung (Fallen etwa 3° nach S 50 O).

[1]) Hauptverz. 1909, S. 69.

[2]) Siehe auch Skizze von SALOMON, a. a. O., S. 11.

[3]) SALOMON, a. a. O., S. 11.

c) Im nördlichen Teile von Blatt Erbach und im südlichen von Blatt Brensbach laufen die ausstreichenden oberen Grenzen des unteren Buntsandsteins und des Grundgebirges ungefähr parallel zueinander in verschiedenen Richtungen, in etwa 250 bis 350 m Horizontal- und 80 m mittlerer Vertikaldistanz. Während erstere sich konstant fast auf derselben Höhe hält (390—400 m), zeigt letztere einen unruhigen Verlauf, indem sie fortwährend auf und ab steigt (siehe geologische Karte). Die Oberfläche des unteren Buntsandsteins ist auf Blatt Erbach nicht bloß im allgemeinen eben, wie auch auf Blatt Brensbach, sondern hat nach der geologischen Spezialkarte auch fast horizontale Lage.

d) Eine Diskordanz der Grundgebirgsoberfläche mit der Oberfläche des Rotliegenden ergibt sich für das gleiche Gebiet aus dem Befund in den Manganerzgruben bei Rohrbach und Bockenrod. Nach Mitteilung von Herrn Bergverwalter FOLMER befand sich die obere Grenze des Rotliegenden in Schacht Juno nordöstlich Rohrbach in etwa 350 m Höhe über NN; 120 m nördlich in der Richtung auf die Spätstraße zu hatte sie noch dasselbe Niveau, ebenso in SSW-Richtung auf 360 m Entfernung. Nur an einer Stelle stieg die Oberfläche des Rotliegenden plötzlich in die Höhe, sonst wies sie keine Unebenheiten auf. Ebenso zeigte in der Grube Gottfried bei Bockenrod die Oberfläche des Liegenden, also des Rotliegenden, große Regelmäßigkeit im Gegensatze zu dem Liegenden in Grube Aussicht bei Waldmichelbach (Granit!). Auf dem Querprofile des Schachtes I aus der Grube Gottfried, das den Erläuterungen der Blätter Brensbach und Erbach beigegeben ist, zeigt sich der Unterschied in der Beschaffenheit der beiden Flächen sehr deutlich Während die Granitoberfläche unregelmäßig wellig ist, zeigt die Oberfläche des Rotliegenden, abgesehen von einer Unstetigkeit, große Regelmäßigkeit, namentlich im östlichen Teile des Profiles. Sie macht die Wellenlinien der Granitoberfläche nicht mit. Nach W keilt das Rotliegende aus, und der Granit bildet das Liegende des Zechsteins. Dies soll nach Angabe von Herrn Bergverwalter FOLMER auch noch nördlich von Schacht I auf etwa 100 m Länge und 30—40 m Breite der Fall gewesen, und die Granitoberfläche soll hier auch sehr buckelig gewesen sein. So ist bei Rohrbach und Bockenrod, am Westabhange von Lärmfeuer und Morsberg, Diskordanz

der Grundgebirgsoberfläche sowohl mit dem Perm als auch mit dem Buntsandstein zu beobachten.

e) Sehr schön ist auch bei Neustadt im Odenwalde der Gegensatz zwischen der stark unebenen Granitoberfläche und der fast ebenen Oberfläche des unteren Buntsandsteines zu konstatieren. Der untere Buntsandstein zeigt da, wo der Granit hoch aufragt, meist sehr geringe Mächtigkeit, über Vertiefungen der Granitoberfläche aber größere Mächtigkeit.[1])

f) Viel deutlicher als irgendwo im Odenwalde sind am östlichen Rande des Pfälzerwaldes Diskordanzen zwischen permischer Abtragungsfläche und Perm zu beobachten. Im Tonschieferbruch von Oberhambach bei Neustadt a. H. fällt die Oberkante der Tonschiefer an einer N—S streichenden Aufschlußwand nicht immer gleichmäßig, aber im allgemeinen sehr steil (an der steilsten Stelle sicher 20°) nach S. Die Schichtfugen des Rotliegenden stoßen scharf daran ab. Sie sind unten in der gleichen Richtung schwach geneigt, weiter oben horizontal (siehe Fig. 16). Ebenso schön ist die Diskordanz mit

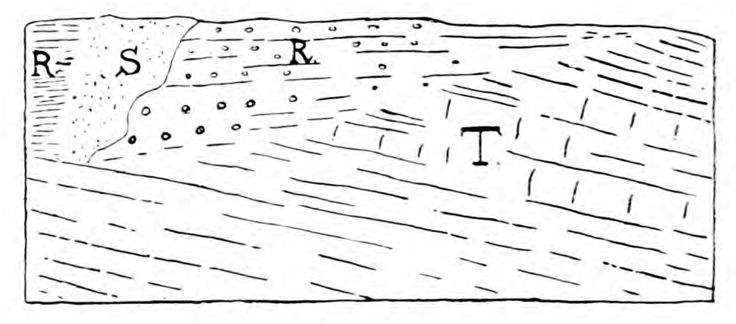


Fig. 16.
Auflagerung von Rotliegendem auf steilgestellten Tonschieferbänken bei Oberhambach.
T Tonschiefer. R Rotliegendes. S Gehängeschutt.
Maßstab etwa 1:200; Streichen der Aufschlußwand NS.

dem Perm an mehreren Stellen in Albersweiler zu sehen (siehe Fig. 8—11 Bd. XII, S. 166 und Figuren 17, 18 und 19). Gelegentlich ist auch an der Ausfüllung eines Sackes der Gneisoberfläche das Anschmiegen der untersten Schichtfugen an den muldenförmigen Untergrund sichtbar, während die oberen gerade sind (s. Fig. 17). Letztere machen die kleinen Unebenheiten nicht mehr mit;

[1]) Dies wird auch betont von Chelius und Klemm, Hauptverz. 1894, S. 5.

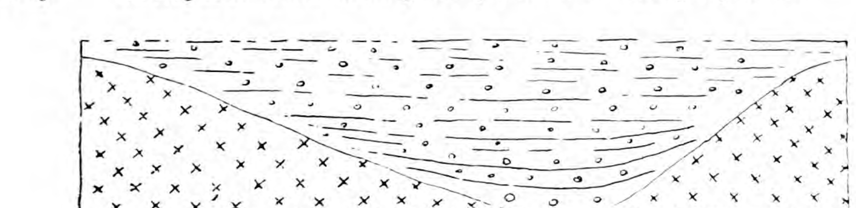


Fig. 17.
Maßstab 1 : 200.
Ausfüllung von Säcken der Gneisoberfläche durch Oberrotliegendes, Albersweiler, südl. Talseite.

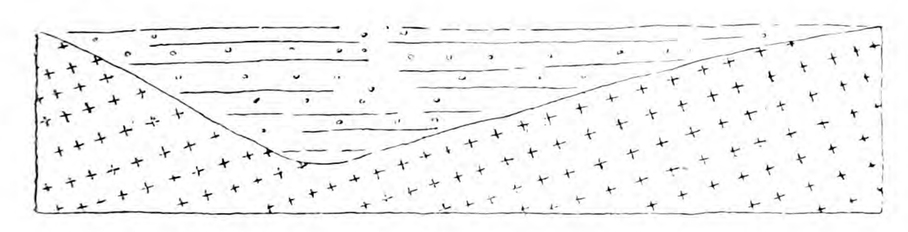


Fig. 18.
Maßstab 1 : 400.
Ausfüllung von Säcken der Gneisoberfläche durch Oberrotliegendes, Albersweiler, südl. Talseite.

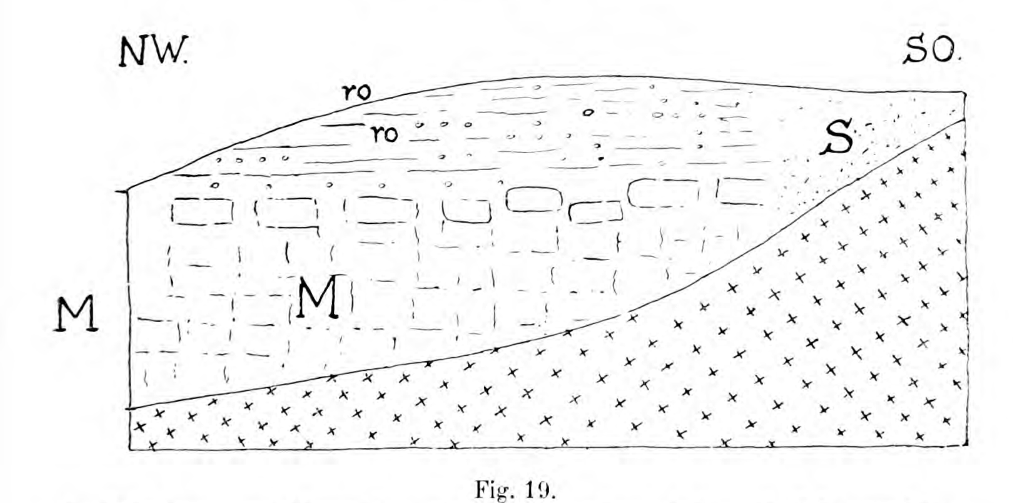


Fig. 19.
M Melaphyr; ro Oberrotlieg. etwa 1 : 500; schematisch. S Gehängeschutt.
Auflagerung von Melaphyr u. Oberrotl. auf Gneis in Albersweiler, nördl. Talseite.

daß sie den größeren aber auch noch folgen, zeigt das westliche bzw. nordwestliche Einfallen des Rotliegenden von 8—10° am W- oder NW-Abhange des Albersweiler Gneisrückens. Dieses Ein-

fallen ist wohl durch Anlagerung an den geneigten Untergrund, nicht durch eine Aufbiegung bewirkt. Die Buntsandsteinschichten sind im allgemeinen konkordant mit dem Rotliegenden, also auch diskordant mit der Gneisoberfläche.[1])

Ebenso wie in der südwestlichen Nachbarschaft des Odenwaldes läßt sich auch in der nordöstlichen, im Spessart, nach Bücking die Diskordanz der Grundgebirgsoberfläche mit Perm und Buntsandstein vielfach nachweisen.[2]) Inseln und Riffe des Grundgebirges ragen hier in den ungleichförmig angelagerten Zechstein, ja sogar durch den Zechstein hindurch in die Bröckelschiefer hinein (siehe Idealprofil, Fig. 8, S. 155). Dagegen soll hier eine eigentliche Diskordanz zwischen Rotliegendem und Zechstein und zwischen Zechstein und Buntsandstein nicht nachweisbar sein. Nur bei Bieber schmiegen sich Zechsteinschichten so eng an die Gneisoberfläche an, daß Bücking hier ausnahmsweise eine Faltung annimmt. Diese habe vor Ablagerung des Buntsandsteines stattgefunden, da dieser fast horizontal lagert. Auch aus dem Gebiete der übrigen deutschen Mittelgebirge wurden oben schon bei der Beschreibung der permischen Abtragungsfläche zahlreiche Fälle von Diskordanz zwischen dieser und dem Perm oder jüngeren Schichten angeführt, und es genügt hier, darauf zu verweisen. Die Diskordanz der Grundgebirgsoberfläche mit dem Buntsandstein an Orten, wo der Buntsandstein geneigt ist oder seine Schichtflächen uneben sind, beweist, daß jene Fläche schon vor Ablagerung des Buntsandsteins uneben war und Neigungen von anderer Richtung oder Größe besaß, als sie der Buntsandstein jetzt zeigt. Sehr wichtig sind die Fälle von Diskordanz mit dem Buntsandstein da, wo die Buntsandsteinschichten eben sind und fast oder ganz horizontal liegen (Westseite von Lärmfeuer und Morsberg, Neustadt i. O.). Hier zeigt die permische Abtragungsfläche heute noch dieselbe unveränderte, und zwar unebene Beschaffenheit wie vor Beginn der Trias. Es geht daraus hervor, daß, selbst wenn die oben besprochenen Unebenheiten der Buntsandsteinschichtflächen und Abtragungsfläche bei Heidelberg durch Gebirgsbewegungen entstanden wären, dies damit noch lange nicht von allen Unebenheiten der Abtragungsfläche

---

[1]) Siehe Leppla, Hauptverz. 1892, a), S. 404, Fig. 1.
[2]) Bücking, Hauptverz. 1892.

gelten würde. An der Feststellung, daß die Abtragungsfläche schon vor Ablagerung der Trias uneben war, würde dadurch nichts geändert. Die Fälle von Diskordanz zwischen Grundgebirgsoberfläche und Perm zeigen, daß die betreffenden Neigungen oder Unebenheiten der Abtragungsfläche älter sind als die Permschichten, also nicht etwa erst nach deren Ablagerung durch Bodenbewegungen entstanden sind (wie im Spessart bei Bieber nach BÜCKINGS Annahme). Man könnte die angeführten Fälle von Diskordanz als Beweis dafür anführen, daß die Sedimentschichten die Unebenheiten ihrer Auflagerungsfläche nicht mitzumachen pflegen, daß also Unebenheiten der Schichtflächen immer eine selbständige Entstehung haben müssen. Diese Folgerung geht aber zu weit. Es ist nur gezeigt, daß die Sedimente an den Unregelmäßigkeiten ihrer Unterlage in schwächerem Grade teilnehmen, so daß die Niveauunterschiede einer sehr unebenen Unterlage sich nach oben hin allmählich ausgleichen müssen, wenn keine neuen Diskordanzen hinzutreten. Es sei noch darauf aufmerksam gemacht, daß da, wo eine Differenz in der Neigung besteht, mit der einzigen auf S. 167 erwähnten Ausnahme, immer der Grundgebirgsoberfläche die steilere Stellung zukommt. Daraus folgt, daß sie von Anfang an unebener war als die Schichtflächen der Sedimente, daß diese folglich eine Verflachung und schließlich Einebnung bewirkten, wie dies ja auch an manchen Aufschlüssen direkt zu beobachten ist (z. B. Bockenrod). Auffallend ist, daß diese Einebnung an verschiedenen Stellen zu verschiedener Zeit und in verschiedenem Niveau vollendet wurde. Bei Heidelberg ist sie nach Ablagerung von smψ noch nicht fertig, auf Blatt Erbach scheint sie es schon am Ende des unteren Rotliegenden gewesen zu sein; bei Neustadt ist die obere Grenzfläche von su zwar noch etwas uneben, aber doch ebener als bei Heidelberg. Der Grund dafür ist schwer anzugeben. Vielleicht erklärt sich die Verschiedenheit daraus, daß bei Heidelberg die Unebenheiten der Abtragungsfläche besonders groß waren und es so größerer Massen und also längerer Zeit zur vollständigen Verebnung bedurfte. Unsere Kenntnis der Abtragungsfläche unter der geschlossenen Sedimentdecke ist, da sie abseits der oberflächlichen Grundgebirgshauptgrenze nur an wenigen Stellen zutage tritt, mangelhaft.

Entstehung der permischen Abtragungsfläche.

Nachdem bisher die permische Abtragungsfläche nur beschrieben wurde, müssen wir zum Schlusse auch noch auf die Frage der Entstehung der Fläche eingehen. Sie hängt mit der Frage nach der Art und Weise der Abtragung des variskischen Gebirges zusammen. Zwar fehlen über die Höhe dieses Gebirges sichere Angaben. Die Oberfläche wird heute vielfach von Graniten und anderen Tiefengesteinen gebildet, die erst bei oder kurz nach der Aufrichtung zur Erstarrung gelangt sind. Dazu gehören z. B. Granite, die im Oberelsaß Kulmgrauwacken metamorphosiert haben, oder der Granit am Henneberg im Kulm der Ziegenrücker Mulde, der unterkarbonische Schiefer umgewandelt hat. Da wir uns aber die Erstarrung doch unter einer Kruste denken müssen, können ursprünglich bedeutende Sedimentmassen darübergelegen haben. Je nachdem man nun dieser Decke größere oder geringere Dicke zuschreibt, kommt man zu verschiedener Meinung über das Maß der Abtragung und die Höhe des Gebirges.[1]) Einen sichereren Anhalt als die Massengesteine geben die Schichtgesteine durch das Maß der Zerstörung ihrer Falten. Von diesen sind oft nur dürftige Reste erhalten, deren Rekonstruktion Luftsättel von bedeutender Höhe gibt; also muß das Gebirge eine entsprechende Höhe erreicht und eine tiefgreifende Zerstörung erlitten haben. Im Rheinischen Schiefergebirge wurde nach F. v. Richthofen an der zu Belgien gehörigen Vorderkante die Höhe des ehemaligen Gebirges auf Grund sorgfältiger Beobachtung zu ungefähr 6000 m über dem jetzigen Rumpfe geschätzt.[2]) Wir wissen nur nicht genau, ob die Sättel wirklich einmal diese Höhe erreicht haben oder ob sie schon während der Aufwölbung durch Abtragung erniedrigt wurden. Der Querschnitt, der in der jetzigen Rumpffläche vorliegt, dürfte, als die ersten Sedimente nach der Faltung sich ab-

[1]) Benecke und van Werveke nehmen es als möglich an, daß die Decke bei der Aufrichtung des Gebirges gesprengt und dadurch der Granit freigelegt wurde (Hauptverz. 1890, S. 97). Herr Prof. Dr. Salomon hält dies indessen, wie er mir mündlich mitteilte, für ausgeschlossen. Bei dem Granit von Altenberg und Zinnwald, der nach den Untersuchungen von Dalmer den Teplitzer Quarzporphyr durchbricht, scheint diese Auffassung völlig ausgeschlossen, da er erst nach vollendeter Faltung emporgedrungen ist. Siehe Lepsius, Hauptverz. 1910, S. 48 u. 49.

[2]) F. v. Richthofen, Nachtrag 1905, S. 263.

lagerten, eine gewisse Höhe über dem Meeresspiegel gehabt haben. Die Höhe der Sättel für diese Zeit dürfen wir doch jedenfalls, wenn auch nicht mehr auf 6000 m, so doch noch auf mehrere tausend Meter schätzen.

Die ungeheure Masse der Trümmergesteine, die sich als Sedimente des Oberkarbons und Rotliegenden in den Niederungen des Gebirges angehäuft finden, zeugt für die Intensität der Abtragung und für eine bedeutende Höhe der variskischen Kämme, namentlich in der Steinkohlenzeit. Dabei gehen wir von der Voraussetzung aus, daß die Abtragung durch subaerische Kräfte, unter denen der Erosion und Abspülung durch fließendes Wasser besonders im Anfang eine Hauptrolle zukam, bewirkt wurde, eine Voraussetzung, die wir später prüfen werden. Unter dieser Voraussetzung müssen wir auch in Anbetracht der Stärke der Abtragung die Ansicht ablehnen, daß nur eine Faltung der Erdrinde stattgefunden habe, ohne daß ein Gebirge entstanden wäre. Die Faltung muß auch mit einer Hebung über den Meeresspiegel verbunden gewesen sein, denn nur unter dieser Bedingung konnten die genannten Kräfte sich zu solcher Intensität steigern. Im Karbon wurden nur in wenigen, besonders tief gelegenen Senken Sedimente abgelagert; von diesen abgesehen, war im ganzen Faltungsgebiet die Transportkraft und also auch das Gefälle des Wassers noch zu groß, als daß mitgeführte Stoffe hätten zur Ablagerung gelangen können. Auch daraus muß man auf große Höhe des Gebirges in der Steinkohlenzeit schließen.

Genaue Angaben über die absolute Höhe des variskischen Gebirges werden sich kaum gewinnen lassen. Daher gehen auch die Meinungen über die Höhe der „karbonischen Alpen" auseinander. EDUARD SUESS, der Entdecker des Gebirges, schließt aus der Breite der Anlage und der Wucht der Faltungen und Überschiebungen, daß es den Charakter eines Hochgebirges hatte.[1] JOHANNES WALTHER dagegen nimmt auf Grund des Faltenbaues im Kern der deutschen Horstgebirge an, daß das variskische Gebirge „den Anblick eines von breiten Senken unterbrochenen flachwelligen Mittelgebirges gewährt" habe.[2] Es ist aber zu beachten, daß nur noch die tiefsten Regionen

[1]) E. SUESS, Nachtrag 1888, S. 115 u. 124.
[2]) J. WALTHER, Hauptverz. 1910, S. 58.

des Gebirges erhalten sind und die Faltung in den höchsten, durch Abtragung zerstörten Regionen viel energischer gewesen sein kann als in diesen.[1])

Das Endresultat der Abtragung liegt in der flachwelligen Abtragungsfläche vor. Es fragt sich nun, welchen Kräften wir das Riesenwerk einer solchen Abtragung zuzuschreiben haben. Ramsay und Richthofen hielten die subaerische Denudation für unfähig, ein Faltengebirge bis zu einem solchen Niveau zu erniedrigen; nur das Meer sei dazu imstande. Neuerdings wird aber, insbesondere durch Davis, Penck, Hettner u. a., wieder der festländischen Abtragung ein größerer Wirkungsgrad und sogar die Fähigkeit zur Schaffung von Peneplains zugeschrieben. Zwischen beiden Möglichkeiten, der marinen und der subaerischen Entstehungsweise, haben wir also zu entscheiden. Wir wollen zu einem befriedigenden Ergebnis zu gelangen versuchen, indem wir zunächst die abradierende Tätigkeit des Meeres in der Jetztzeit und in der geologischen Vorzeit verfolgen.

Richthofens Beobachtungen über marine Abrasion in China.

Richthofen gelangte durch seine Beobachtungen in China zu seiner Auffassung. Die geologische Geschichte des nördlichen Chinas weist drei aufeinanderfolgende, bestimmten geologischen Zeiträumen zuweisbare Abrasionen auf. Dazu kommt noch eine letzte Periode der Abrasion im S, die in einer nicht genau bestimmbaren Periode stattfand. Die älteste Abrasion fällt in die archäische Periode. Durch diese wurden die Schichtköpfe des Urgneises in Shantung und Liautung zu einer ebenen Fläche abgetragen, auf der sich die Zerstörungsprodukte ausbreiteten. Sie sind stellenweise noch in Gestalt von Glimmerschiefern, Quarziten, Sandsteinen und groben Konglomeraten erhalten, meist sind sie aber selbst wieder späterer Zerstörung anheimgefallen, so daß die Abtragungsfläche unbedeckt ist. Das gleichmäßige Niveau der Fläche ist noch daran zu erkennen, daß die Gipfel der kristallinen Gebirgsketten alle in einer gedachten Ebene liegen.[1]) Die bedeutendste Abrasion vollzog sich

[1]) Herr Prof. Dr. Salomon schließt nach mündlicher Mitteilung auch aus der großen Horizontalausdehnung der Falten im Streichen und vor allem senkrecht dazu auf erhebliche Höhe.

[2]) von Richthofen, Hauptverz. 1882, S. 706ff.

aber am Anfang der sinischen Periode (sinisch ungefähr gleich kambrisch). Sie umfaßte mindestens ganz Nordchina und auch noch Teile des südlichen Chinas und räumte nicht nur den größten Teil der inzwischen vielfach gefalteten Zerstörungsprodukte der ältesten Abrasion hinweg, sondern griff auch auf die Grundlage, den Urgneis, über und schuf eine im allgemeinen gleichmäßige Abrasionsfläche. „Aber doch war jene Fläche nicht ganz gleichmäßig, da die fegende Kraft den Widerstand der härtesten Gesteine nicht überwand. Die Quarzite ragen in hohen Riffen auf . . . Die Koreagranite starren stellenweise in steilen und hohen Riffen auf, während sie unmittelbar daneben den Boden einer Abrasionsfläche bilden, auf welcher sinische Schichten horizontal ungestört lagern. Insbesondere zeigt sich die Ungleichmäßigkeit der Wirkung an den festen Gneiskernen der Gebirge."[1]) Die Betonung der Unebenheit der Abrasionsfläche erfährt im folgenden eine bedeutende Einschränkung: „Jene von ihr (nämlich der Abrasion) verschonten Gneiskerne und Quarzitriffe bildeten nur inselartige Unebenheiten in ihm (nämlich dem Meeresboden)" (a. a. O., S. 711). Der Boden, auf welchem die Ablagerung der tiefsten sinischen Schichten geschah, ist eine Fläche mariner Denudation, „denn er schneidet in Ebenen, welche über große Gebiete nahezu horizontal waren, die Faltungen älterer Gebiete ab; in einzelnen Zügen, Kämmen und Gipfeln aber ragten festere Teile derselben über die Fläche auf" (a. a. O., S. 647). Während die Sedimentdecke der ältesten Abrasionsfläche größtenteils zerstört ist, ist die der zweiten ungestört erhalten und gleichförmig über den Urgneis, die in ihm eingeklemmten Mulden der jüngeren archäischen Schichtgesteine sowie über den Koreagranit ausgebreitet. Am Grunde findet man überall klastische Gebilde: mächtige Sandsteine und tonige Schichten (a. a. O., S. 712). Die tiefsten Glieder sind insbesondere Konglomerate und grobe Sandsteine. Dann folgen Sedimente tieferer Meere: Kalke und feinerdige rote Tone (a. a. O., S. 649). Die Beschaffenheit der Abrasionsfläche, die aus nahezu horizontalen, über große Gebiete ausgedehnten Ebenen besteht, und die Gleichförmigkeit der die unmittelbaren Zerstörungsprodukte enthaltenden, über die ganze Fläche ausgebreiteten

---

[1]) Das Gesagte wird veranschaulicht durch Fig. 52 auf S. 235; in v. RICHTHOFEN, Hauptverz. 1882.

Decke aus klastischen Sedimenten brachten RICHTHOFEN zur Überzeugung, daß ein langsam vordringendes Meer das Gebirge abgeschliffen habe. Denn anders konnte er sich die Entstehung der im allgemeinen gleichmäßigen Denudationsfläche und ihrer überall gleichförmigen Sedimentdecke nicht denken. Man hat den Eindruck, als ob er auf den Nachweis des marinen Charakters gerade der tiefsten Sedimente weniger Gewicht legte. Im Silur und Devon dauerten Abrasion und Transgression fort. Mit dem letzteren Ausdruck bezeichnet RICHTHOFEN die Sedimentablagerung durch das vordringende Meer auf der Abrasionsfläche. Eine neue Phase der Abrasion und Transgression begann in der Steinkohlenzeit (S. 719). Sie erstreckte sich auf große Teile jener Gebiete, welche bislang noch als Festland aufgeragt hatten. „Hier haben wir entweder nur klastische Gebilde, welche mit groben, der Abrasionsfläche unmittelbar auflagernden Konglomeraten beginnen, dann aber feinkörniger werden und Steinkohle führen; oder es treten im unteren Teile auch noch Kalksteine von geringer Mächtigkeit auf. Die allgemeine Verbreitung der klastischen Sedimente über den ganzen Bereich der damaligen Meeresbedeckung weist auf eine außerordentliche Gleichförmigkeit der Zustände in allen Teilen desselben hin. An allen Küsten nagte das Meer. Die gröbsten Zerstörungsprodukte wurden auf den zuletzt versenkten Teilen der Abrasionsfläche unmittelbar abgelagert, während Sand und Schlamm weitergetragen wurden." Von Interesse ist der Zusatz: „Man ist bei der Beobachtung dieser klastischen Sedimente oft geneigt, die Fortschaffung und Ablagerung derselben durch große Ströme anzunehmen; allein abgesehen von der allenthalben herrschenden Gleichmäßigkeit spricht dagegen die deutlich erkennbare Abrasion der Gebirgsränder". Man vermißt genauere Angaben über den letzteren Punkt. Eine letzte Abrasion fand in einer nicht genauer bestimmbaren Periode im S statt. „Die postkarbonisch gebildeten Faltungszüge im S des oberen Han wurden durch die von S nach N vorschreitenden Brandungswellen abgeschnitten. Sedimente lagerten sich transgredierend auf der Abrasionsfläche ab" (a. a. O., S. 728). Die Fläche „ist von der Art, wie sie die Brandung bei dem Vorrücken des Meeres gegen das Land schafft" (S. 614). Klastische Gesteine fehlen unmittelbar auf der Schliffläche. Die Sedimentation beginnt mit bunten Kalk-

steinen und Dolomiten von ungefähr 1200 Fuß Mächtigkeit. Darüber erst lagern klastische Sedimente verschiedener Art, Schiefertone, Sandsteine und Konglomerate in ungefähr 2500 Fuß Mächtigkeit, an deren Boden zwei Kohlenflöze mit Pflanzenresten eingeschaltet sind, welche das Alter des unteren Juras zu haben scheinen (S. 612). Endlich betrachtet RICHTHOFEN die ebenen Terrassen im Unterlauf des Jangtsze, die eine Höhe von 50—150 Fuß über dem Flusse haben und aus gefalteten paläozoischen Sedimenten bestehen, als Produkt einer marinen Abrasion, die in geologisch jüngerer, aber nicht genauer fixierbaren Zeit stattgefunden haben soll (S. 751 und 752). „Die Falten stehen oft steil und sind entlang einer Ebene völlig durchschnitten.“ „Es sind Formen, wie sie marine Abrasion allein zu schaffen vermag.“ Nur Teile der weicheren, sandigen und schieferigen Gesteine sind der Abrasion unterlegen; „an den kompakten, geschlossenen Gebirgen hat diese Halt gemacht, und die festen Gesteine sind schon innerhalb der Terrasse in einzelnen aufragenden Riffen stehen geblieben“. Die Terrassen grenzen „an höher aufragende Gebirge, deren Gestalt durch den inneren Bau und die Erosion von außen bestimmt wird, und doch streichen an ihren Gehängen unmittelbar dieselben Schichten fort, welche die Terrasse zusammensetzen“. Die Annahme von Flußterrassen sei wegen des Fehlens von Kiesablagerungen unzulässig. So bleibe für die Entstehung nur die Wirkung der Meeresbrandung übrig (a. a. O., S. 776). Die Ablagerungen auf den Terrassen tragen nicht gerade ausgesprochen marinen Charakter. „Wo ich die Terrassen untersuchte, fand ich sie nur hier und da von einer dünnen Schicht Kies überlagert, der unmittelbar eine Lößdecke trägt“ (S. 752). Die Unvollständigkeit der Verebnung und die Geringmächtigkeit der Ablagerungen wird aus der kurzen Dauer der Meeresbedeckung erklärt. Das Ergebnis seiner Untersuchungen über Abrasion und Transgression in China faßt RICHTHOFEN folgendermaßen zusammen: „In der Mehrzahl der Fälle sind die Schichten der übergreifenden Formation nicht, wie man es bei der Ausbreitung des Meeres über Festland erwarten sollte, einem gebirgigen, aus Höhenzügen und Erosionstälern bestehenden Boden aufgelagert; sondern sie ruhen weit und gleichförmig auf einer gewissermaßen für den Niederschlag besonders vorgebildeten Fläche, die größtenteils ausgeebnet ist, stellenweise wellige Formen

hat und zuweilen in Terrassen abgesetzt ist. Auch ragen aus ihr, mehr oder minder, einzelne hohe und feste Gebirgskerne auf, welche dann von den horizontalen Schichten teilweise oder ganz überdeckt werden“ (a. a. O., S. 767). Die Fläche hat die Tendenz, „sich der welligen Ebene möglichst zu nähern, wiewohl dies in mehr oder weniger unvollkommener Weise erreicht wird“ (S. 766 und 767). Dieses Abhobeln eines ausgedehnten Hochgebirgslandes in einer der Ebene sich nähernden Fläche wird durch die „Wirkung der Agentien des Festlandes niemals eintreten und ein unerreichbares Endziel von deren Tätigkeit bleiben“ (S. 767). Es komme also nur die mechanische Wirkung der Meeresbrandung in Betracht. Um die Abschleifung ganzer Gebirge durch diese begreiflich zu machen, entwickelt RICHTHOFEN im zweiten Band des Chinawerkes und im Führer für Forschungsreisende seine bekannte Theorie der marinen Abrasion.

Theorie der marinen Abrasion nach Richthofen.

Die Wirkung der Brandungswelle ist auf eine bestimmte Vertikalzone der Küste beschränkt, deren Höhe von der Differenz des Meeresniveaus bei Flut und Ebbe abhängt. Die Brandung unterhöhlt zunächst den Felsen. Eine zuerst entstehende Hohlkehle erweitert sich in horizontaler Richtung landeinwärts zu einer Höhle, die sich immer vergrößert, bis schließlich die überhängende Decke einstürzt. Vorübergehend bricht sich nun die Kraft der Welle an dem Wall der herabgefallenen Gesteinsblöcke, aber nach deren Zerkleinerung steigert sich die Wirkung, indem die Trümmer als Projektile gegen den Felsen geschleudert werden. So fällt der Zerstörungskraft der Brandung schließlich ein Teil der Küste zum Opfer. Unter dem zertrümmerten Gebirge ist eine Art Plattform entstanden, längs deren der Grund wie abgehobelt erscheint. Diese Terrasse ist infolge der stärkeren Wirkung der Brandung zur Zeit der Flut nicht horizontal, sondern steigt langsam nach der Küste zu an. Sie verbreitert sich mehr und mehr, und gleichzeitig nimmt auch ihre Neigung ab. Auch wird sie durch die hin- und hergerollten Gesteinstrümmer mehr und mehr glattgescheuert. Die Trümmer werden seewärts abgelagert. Hat die Terrasse genügende Breite erreicht, so wird auch sie mit Sand und Geröll bedeckt. Die über sie hinanrollende Welle wird nun durch die Reibung derart geschwächt, daß sie an der Küste keine Wirkung mehr

auszuüben vermag. Es tritt ein Stillstand ein. Erst wenn die Küste sich hebt oder senkt, kann das Spiel von neuem beginnen. Am nachhaltigsten ist nun aber die Wirkung bei langsamer, anhaltender positiver Strandverschiebung. Die neue Abrasionsplattform setzt dabei immer die alte um ein Stück landeinwärts fort, und so entsteht durch oftmalige Wiederholung eine breite, landeinwärts sanft ansteigende Abrasionsebene. Dauert die positive Strandverschiebung lange genug an, so können auf diese Weise ganze Gebirge abgetragen werden. Das Charakteristische einer solchen Fläche besteht in dem „allgemeinen und ununterbrochenen Ansteigen" unabhängig von einem Härtewechsel des Gesteines. Die Brandung vermag in weichem Gestein nicht tiefer hinab zu arbeiten als in hartem; daher werden in ersterem keine Vertiefungen geschaffen.[1])

Die Gestalt der Abrasionsfläche kann nun nach RICHTHOFEN vielfache Abweichungen von der Regelmäßigkeit erfahren. Daß die Neigung der Abrasionsplattform allmählich verringert wird, wurde oben festgestellt, auch daß sie mehr und mehr geglättet wird. Senkt sich nun die Küste weiter, ehe die Brandung ihre Arbeit vollendet hat, so kann die Plattform verhältnismäßig steil und rauh bleiben. Auch wird in weichem Gestein die Verflachung und Glättung rascher erfolgen als in hartem. So werden infolge ungleichmäßigen Ansteigens des Meeresspiegels und des Härtewechsels der Gesteine glattere und sanft geneigte mit steileren und rauheren Teilen abwechseln, und so kann die Abrasionsfläche ein flachwelliges Aussehen erhalten. Eine periodisch beschleunigte Senkung würde der Fläche ein mehrfach terrassiertes Aussehen geben. Besonders harte Gesteinspartien leisten der Brandung Widerstand. Sie bilden zunächst Felsvorsprünge, dann können sie, von der Brandung umklammert, vollständig isoliert werden und als Inseln steil aufragen. Die Inseln werden schließlich bei weiterer Senkung zu Riffen verkleinert und tauchen endlich ganz unter den Meeresspiegel. Sie werden im allgemeinen steil aufragen, können aber, wenn die Senkung des Landes langsam genug vor sich geht, oder bei öfterem Wechsel von positiver und negativer Strandverschiebung, zu einer „mehr und mehr flachen Wölbung mit glatter Oberfläche abgeschliffen" werden und „die Gestalt von flach gerundeten Kuppen" erhalten.

[1]) v. RICHTHOFEN, Hauptverz. 1886, S. 356 u. 357.

Beobachtungen über moderne Küstenabrasion.

Die Theorie ist durch Beobachtungen auf ihre Richtigkeit zu prüfen. RICHTHOFEN weist selbst darauf hin, daß eine Bestätigung durch unmittelbare Beobachtung nur in beschränktem Umfang möglich ist, da der Meeresgrund durch Wasser- oder Sandbedeckung der Beobachtung entzogen wird. Er berichtet, daß er selbst an den Inseln im Golf von Siam, an den Tshusan-Inseln im östlichen China und in den Philippinen völlig klargefegten Strand, und daß HOCHSTETTER an den Ostküsten von Australien in Neuseeland charakteristische Küstenplattformen beobachtet habe. Die Loslösung von Inseln und deren Weiterentwicklung sei an sturmbewegten Küsten von zusammengesetztem geologischen Bau deutlich wahrnehmbar, so an der Küste Südchinas, des nordwestlichen Frankreichs und Großbritanniens, ferner an dem buchtenreichen und mit Inseln besetzten Gestade von Shantung. Hier wie auch in anderen Fällen sei die Besetzung der Küsten mit klippigen Inseln aus kristallinen Gesteinen ein Beweis dafür, daß das Land sich seit längerer Zeit in vorherrschend sinkender Bewegung befinde. „In dem Falle des submarinen Hundertfadenplateaus im nordwestlichen Europa läßt sich das ehemalige Ansteigen der felsigen Abrasionsfläche gegen die Küsten, an denen ihre Fortbildung gegenwärtig stattfindet, mit Sicherheit annehmen."[1]) Zum letzteren Punkte stellt LAPPARENT fest, daß der Meeresgrund im Pas de Calais, dessen Ränder täglich unter dem Angriffe der Flut zurückweichen, wo man also sicher eine untermeerische Abrasionsplattform erwarten sollte, wegen des konkaven Querprofils und einer Reihe anderer Unregelmäßigkeiten nicht als rezente Abrasionsplattform gelten könne, sondern in Wirklichkeit „eine Furche von sehr alter Herkunft" darstelle. Die verlangte Regelmäßigkeit besitze dagegen der Boden des Kanals und der Nordsee. Aber ersterer sei keine moderne Abrasionsfläche, da der Kanal einen sehr alten Meeresarm darstelle, der schon in vielen Epochen der Tertiärzeit, namentlich seit dem Eocän und Helvetien Frankreich von England getrennt habe. Ebensowenig könne der Boden der Nordsee vom heutigen Meere geschaffen worden sein, da er schon früher nacheinander dem Jura-, Kreide- und Tertiärmeer als Bett gedient habe. Also da, wo man an der heutigen Küste nach der Stärke

[1]) Hauptverz. 1882, S. 774 u. 775.

der Brandung eine submarine Abrasionsfläche erwarten sollte, ist der Meeresgrund zu unregelmäßig dafür, und da, wo er regelmäßig genug ist, ist Entstehung durch moderne Meeresabrasion aus anderen Gründen ausgeschlossen. An der französischen Küste, in dem Winkel zwischen den Halbinseln Cotentin und Bretagne hat nach LAPPARENT das Meer tatsächlich eine Abrasionsterrasse geschaffen, aber nur von geringer Breite. Nun lasse sich aber gerade an der Küste von Cotentin (im Golfe von Valognes und Carentan) der Beweis erbringen, daß das Meeresniveau seit der Trias stabil geblieben sei, indem sich aus den verschiedensten Erdperioden genau an derselben Stelle nur wenige Meter über dem heutigen Meeresspiegel Strandablagerungen finden.[1])

Wichtige Beobachtungen und Ergänzungen zu der Theorie RICHTHOFENS enthält die Morphologie der Erdoberfläche von PENCK im zweiten Bande.[2]) Die Stoßkraft der Wellen nimmt nach der Tiefe in geometrischer Progression ab. „Aber damit hören die Wogen keineswegs auf, die Küste zu zerstören, nur erfolgt dies viel langsamer als im Niveau des Wasserspiegels. An der britischen Küste können nach den Beobachtungen von HUNT die Wogen noch in 70 m Tiefe erodieren, . . . nach SIAU wirbeln die Wogen noch den Meeresgrund in Tiefen von 188 m auf“. Die Abnahme der Stoßkraft nach der Tiefe zu wird durch eine Tabelle veranschaulicht. In 10 m Tiefe schreitet die Zerstörung kaum halb so rasch wie an der Oberfläche, in 20 m Tiefe nur 0,2 mal so schnell fort wie in der eigentlichen Brandungszone. So erreicht nur in dieser die Zerstörung einen namhaften Betrag; in größerer Tiefe ist sie so gering, daß sie gegen die oberflächliche nicht in Betracht kommt.[3]) Die Brandung wirkt also wie eine Säge, deren Dicke von der Intensität der Wellenbewegung abhängig ist. Eine 10—20 m unter dem Wasserspiegel gelegene, sich seewärts sanft senkende, dann plötzlich steil abbrechende Fläche, eine Plattform, ist das Werk der Brandung. Die Trümmer werden seewärts getragen; so entsteht unterhalb der Brandungsplattform durch Aufschüttung die Meereshalde. Die Strand-

---

[1]) LAPPARENT, Hauptverz. 1899.

[2]) Hauptverz. 1894; Wirkung der Brandung, S. 472ff. und Abrasionsflächen, S. 542.

[3]) Über Abnahme der Wirkung nach der Tiefe siehe auch E. KAYSER, Allgemeine Geologie. Stuttgart 1909. S. 482. Dagegen ANDRÉE, Probleme der Ozeanographie, Nat. Wochenschr. 1912, Nr. 16.

geschiebe können auch an der Küste entlang wandern, aber nur auf sehr kurze Strecke. Die Landverluste infolge der Brandung sind an widerstandsfähigen Küsten sehr gering. So habe sich an der Küste von Norwegen, wo doch eine sehr heftige Dünung herrscht, nach REUSCH vor der Eiszeit „nur eine so unbedeutende Strandfläche entwickelt, welche so wenig auffällig ist, daß sie sich bis vor kurzem der Beobachtung entzog". Am stärksten soll die Zerstörung an der Küste der Normandie sein, nämlich jährlich um 0,3 m. Werde eine Küste so stark zerstört wie die der Normandie und sinke sie so rasch, wie Schweden ansteigt, nämlich 0,01 m jährlich, so würde die Strandlinie nach PENCK auf einer Böschung von 53‰ (33‰: der Verf.), entsprechend einem Winkel von 2°, ansteigen; diese Böschung würde das untertauchende Land erhalten. Als charakteristisches Merkmal der marinen Abrasionsflächen wird das Gefälle angegeben, das das der echten Ebenen bei weitem übertreffe.[1])

Die eingehendsten Beobachtungen über moderne Küstenabrasion hat TH. FISCHER an den nordwestafrikanischen Küsten gemacht. An der Ozeanküste von Marokko sind da, wo das alte Grundgebirge (siehe unten) ansteht, die steil aufgerichteten Schichten von der Brandungswoge wie mit dem Rasiermesser durchschnitten und bilden eine bei Ebbe zum Teil trocken laufende, felsige Strandterrasse.[2]) An der Straße von Gibraltar beobachtete er bei Tanger eine Abrasionsfläche, die bei Ebbe auf etwa 150 m Breite trocken liegt und bis unmittelbar an den Steilrand reicht. „Man hat den Eindruck, . . . als wären die durchweg sehr dünnen, steil geneigten Schichten wie mit einem Messer quer durchgeschnitten." Die härteren Tonschieferschichten ragen als Leisten 30—40 cm weit hervor. Außerdem ragen unregelmäßig gewundene Sandsteinleisten und Wülste von 10 cm Höhe auf. Sonst scheint die mit zahllosen Gesteinsblöcken jeder Größe bedeckte Fläche nach der beigegebenen Photographie keine Unebenheiten zu zeigen.[3]) An der Küste von Algerien entfaltet die Brandung eine besonders intensive Tätigkeit.[4]) In leichter zerstörbare Felsarten sind Buchten eingeschnitten, während die Vor-

[1]) Über Landverluste durch die Tätigkeit der Brandung vgl. E. KAYSER, Allgemeine Geologie. Stuttgart 1909. S. 487ff.

[2]) TH. FISCHER, Hauptverz. 1906, S. 367.

[3]) TH. FISCHER, Hauptverz. 1900, S. 23 u. Tafel 1.

[4]) TH. FISCHER, Hauptverz. 1908, S. 59ff.

gebirge aus den festesten, widerstandsfähigsten bestehen. Für die Intensität der Zerstörung zeugen „die zahlreichen vor der Küste liegenden Inselchen und Klippen, die auf weite Strecken überhängenden und von zahllosen geräumigen Grotten durchbohrten Felswände, vor allem aber auch die Hafenbauten der Römer und Franzosen". Von den ersteren sind heute kaum noch Spuren vorhanden. Die Küste ist an einer ganzen Reihe von Punkten „seit dem Beginne des Mittelalters unter dem Andrang der Brandungswelle sehr bedeutend zurückgewichen", an zwei Punkten weicht sie auch heute noch rasch zurück. Am augenfälligsten ist dies an der flachen Bucht von Tipaza westlich Algier. Hier ist die ganze Steilküste von in Zertrümmerung begriffenen Blöcken umlagert. Der vertikale Wirkungsbereich der Brandung ist sehr groß. Denn „10 m über dem Meeresspiegel und mindestens ebensoweit von demselben" zeigt sich der Sandstein noch von der Brandungswelle bienenwabenähnlich zerfressen. Die Oberfläche der von der Welle benagten Kalkfelsen zeigt die wunderlichsten, an Karrenfelder erinnernde Formen, tiefe Rinnen, scharfe Kanten, kreisrunde, wassergefüllte Becken verschiedener Größe. Eine am östlichen Eingang der Hafenbucht gelegene Insel ist seit dem Altertum nicht nur wesentlich verkleinert, sondern auch in zwei Teile geteilt worden. „An die Grenzlinie von Land und Meer schließt sich ein etwa 100 m breiter, hier und da auch breiterer Saum an, welcher mit Felsblöcken bedeckt und von aufragenden Klippen erfüllt ist; daran schließt sich ein im Mittel etwa 1200—1500 m breiter Saum mit Sand etwa bis zur Tiefe von 40—50 m, dann folgt Schlammbedeckung bis in die größten Tiefen. Der Steilabsturz beginnt mit etwa 200 m in einem Abstand von 12 km vom Strande. Während also am Vorgebirge Chenoua und dem Massiv von Algier (den beiden begrenzenden Vorsprüngen: d. Verf.) die Abrasionsfläche eine Breite von gegen 4 bzw. 2 km hat und der Steilabsturz bei beiden in ca. 100 m Tiefe beginnt, beträgt der Abstand desselben hier 12 km".[1]) Die Linie des untermeerischen Steilabsturzes, eine Bruchlinie, die den Verlauf der Küste im allgemeinen bestimmt, macht also die Einbuchtung nicht mit. Daraus folgt, daß die Bucht von Tipaza das Werk der Brandungswelle ist. Die Abrasionsfläche hat eine Breite von 12 km und senkt sich deut-

[1]) Hauptverz. 1908, S. 110.

lich seewärts. Also ist hier ein im Maximum 12 km breiter Streifen des Küstengebirges, des Sahels von Tipaza, abgetragen worden. Der Sahel besteht aus einem Tafelland mit nur sehr wenig nach N geneigten Bänken miozänen Sandsteines mit Zwischenlagern roter Tone.[1]) Man vermißt eine ausdrückliche Angabe darüber, ob die Abrasionsfläche eine Schichtfläche dieses Tafelgebirges ist oder ob sie die Schichtflächen schneidet. Das letztere ist ja sehr wahrscheinlich, aber die Bemerkung: „die Querschnitte zeigen, daß die unterseeischen Neigungswinkel sehr wesentlich von den überseeischen abweichen“[2]), genügt nicht. Auch anderwärts zeigt die Abrasionsfläche erhebliche Breite, so an der Bucht von Algier 9 km, bei Oran 12 km, bei Arzeu sogar 20 km. Der Lage der Ruinen aus römischer Zeit entnimmt FISCHER wichtige Anhaltspunkte zur ungefähren Messung der Geschwindigkeit, mit der in historischer Zeit die Küste der Bucht von Tipaza zurückgewichen ist. Im Jahre 1886 schätzte er die Größe der Abtragung seit 1200 Jahren auf mehr als 10 m, vielleicht 1 m im Jahrhundert[3]), im Jahre 1896 nahm er noch etwas mehr an, nämlich im Laufe von 1½ Jahrtausenden etwa 15 m, ja vielleicht 25 m[4]); an anderer Stelle gibt er für 1200 Jahre 15 m an.[5]) Die Angaben schwanken so zwischen 1 cm und 1⅔ cm im Jahre. Sehr auffallend ist es, daß trotz der großen Breite der Abrasionsfläche von 12 km die Abtragung heute noch andauert. Man sollte meinen, daß die Brandungswelle auf ihrem langen Wege durch die Reibung erlahmen müßte. FISCHER erklärt es durch positive Strandlinienverschiebung und hat auch tatsächlich durch genaue Beobachtungen an den römischen Ruinen Beweise für eine Senkung der Küste in geschichtlicher Zeit gefunden. Dagegen findet im Hintergrunde der Bucht von Algier, die FISCHER ebenfalls für „eine Brandungsbucht an einer Abrasionsküste“ hält, keine Abtragung, sondern Auflagerung statt, obwohl an den beiden den Golf von Algier einfassenden Vorgebirgen die Küste noch immer, und zwar ziemlich rasch zurückweicht. Hier hat die Abrasionsfläche eine Breite von 2 km erlangt, im Inneren

[1]) Hauptverz. 1908, S. 97.
[2]) Hauptverz. 1908, S. 111.
[3]) Hauptverz. 1908, S. 107.
[4]) Hauptverz. 1908, S. 126.
[5]) Hauptverz. 1908, S. 136.

der Bucht eine solche von 9 km (vgl. oben). „Wir müssen daher annehmen, daß infolge der in östlicher Richtung überhaupt abnehmenden positiven Niveauverschiebung, oder weil dauernd oder vorübergehend dieselbe zum Stillstand gelangt ist, die Abrasionsfläche diejenige Breite erlangt hat, bei welcher die Brandungswelle, durch Reibung erlahmend, nicht mehr abzutragen vermag, sondern die an den Vorgebirgen abgeriebenen oder von den zwei Flüssen und zahlreichen Gießbächen herbeigeführten Massen im Innern der Buchten ablagert."[1]) Auch an der Küste der großen Kabylei erbrachte FISCHER den Nachweis der Abtragung der Küste durch die Arbeit des Meeres in vorgeschichtlicher und geschichtlicher Zeit. So fand er an der Nordwestseite des Kaps Dellys eine wundervolle Abrasionsterrasse von mindestens 50 m sichtbarer Breite, die das Vorgebirge in etwa 1,5 km Länge begleitet. Senkrecht aufgerichtete Sandsteinbänke sind von der Brandung wagrecht durchschnitten. „Es ist so eine Felsplatte entstanden, die wie mit geraden parallelen Linien dicht nebeneinander überzogen erscheint. Die mächtigeren, daher widerstandsfähigeren Bänke sind in der Höhe bis zu 1 m, als wären es stehengebliebene Grundmauern, aus der Felsfläche herauspräpariert."[2]) Bei Tigzirt, einer Trümmerstätte aus römischer Zeit, geben die Altertümer ebenfalls einen Anhalt für das Maß der Landabtragung. Im Laufe von 1200 Jahren dürfte hier nach FISCHER ein 10—15 m, ja an einer Stelle bis 30 m breiter Streifen abgetragen worden sein. In 100 m Entfernung ist dem Festland eine Insel vorgelagert, die aus härterem Gestein besteht und zweifellos durch Abgliederung von dem Vorgebirge entstanden ist. Brandende Klippen und Untiefen erstrecken sich von der Insel noch 1,5 km weit ins Meer hinaus und bedingen ein Ausbiegen der Tiefenlinien bis zur 50 m Linie.[3]) Ebenso wie in der Bucht von Algier, so findet auch ganz im O, in der von Bona, „kein Zurückweichen des Landes unter dem Ansturme der Wogen mehr statt, sondern vielmehr Neubildung von Land, entsprechend der Tiefe der Bucht von nicht weniger als 14 km bei einer Breite der Öffnung . . . von 40 km" und der Einmündung von zwei bedeutenden Flüssen.[4])

[1]) Hauptverz. 1908, S. 118.
[2]) Hauptverz. 1908, S. 139 u. 140.
[3]) Hauptverz. 1908, S. 143 u. 144.
[4]) Hauptverz. 1908, S. 145 u. 146.

Küsten- und Gebirgsabrasionen aus früheren Erdperioden.

Der heutigen positiven ging in Algerien eine Periode negativer Strandverschiebung voraus. Dies ergibt sich aus dem Vorhandensein von zahlreichen alten, von DE LAMOTHE festgestellten Strandlinien am Sahel von Algier. Es sind „Reste unterseeischer Plattformen, wie sich deren eine nach meiner Ansicht in der Gegenwart hier vor der Küste bildet, von roten Sanden mit kleinen weißen Quarzkieseln bedeckt, die ausnahmsweise auch marine Konglomerate bilden. Ihre Ausbildung fällt in die Zeit vom älteren Pliozän . . . bis ins obere Quartär."[1]) Bei Zeralda liegen vier solcher Terrassen, ehemalige Küstenebenen, den Stufen einer Riesentreppe ähnlich, übereinander. Die größte derselben erstreckt sich kilometerweit ganz wagerecht" (ebd.). Erwünscht wäre auch hier eine Angabe über das Verhältnis der Flächen zu den Schichtflächen des Tafelgebirges. An der tyrrhenischen Küste von Kalabrien haben sich ungefähr in derselben Zeit fünf solcher Terrassen in verschiedener Höhe und in Breiten von 200—1500 m gebildet, mit Sand und roten Konglomeraten bedeckt. Sie sind von CORTESE festgestellt. Da sie in ein Faltengebirge einschneiden, sind sie wohl kaum Schichtflächen, aber über ihre Form erfahren wir von FISCHER nicht mehr, als was in dem Ausdruck Terrasse (italienisch: piano) einbegriffen ist.[2]) Strandebenen finden sich entlang den heutigen Küsten häufig in nordischen Ländern und auch an der Küste des Atlantischen Ozeans. Beispiele dafür enthalten alle Lehrbücher der Geologie.[3]) Solche von früheren Meeren geschaffene, in größere Entfernung von jetzigen Küsten gerückte Strandterrassen sind natürlich selten erhalten. Nach PENCK finden sich am Ostrande der Alpen Spuren einer ehemaligen marinen Abrasion aus dem Obermiozän, die zur Ausbildung einer Plattform von bis zu 1 km wahrnehmbarer Breite geführt hat. Die Brandungshohlkehle ist als deutliche Abstufung wahrzunehmen. Ihr entlang zieht sich die Abrasionsterrasse, deren Gehänge von dem Leithakonglomerat bedeckt wird, das sich durch schräge Schichtung und reichen Fossilgehalt unzweifelhaft als Meereshalde zu erkennen gibt. Über der Plattform

---

1) FISCHER, Hauptverz. 1908, S. 127.
2) Hauptverz. 1908, S. 223.
3) Siehe u. a. FRECH, Nachtrag 1909, IV, S. 47.

deutet ein steiler Gehängeabfall das alte, nunmehr stark verwischte Kliff an.[1])

Als Übergangsform von den verhältnismäßig schmalen Brandungsterrassen an den heutigen und früheren Steilküsten zu den weitausgedehnten marinen Abrasionsflächen der Vorzeit wird die norwegische Strandebene betrachtet, die sich als langsam landeinwärts ansteigende Felsterrasse längs der ganzen norwegischen Westküste verfolgen läßt. Der ganze „Schärenhof" ist ein Bestandteil dieser Küstenebene. Sie ist meist unbedeckt, nur ausnahmsweise von lockeren, glazialen Materialien überlagert. Ihre Breite beträgt bis zu 45 km. Daran schließt sich aber auch noch unterseeisch eine fast ganz horizontale Plattform, die bis zu 140 km Breite erlangen kann. Nach REUSCH sollen Strandebene und submarine Plattform eine einzige marine Schliffläche darstellen, die vor dem Eintritt der diluvialen Vergletscherung von der Brandung geschaffen worden sei. NUSSBAUM macht aber auf Grund von Beobachtungen im südlichen Norwegen eine Reihe von Bedenken gegen die fast allgemein angenommene Auffassung REUSCHS geltend, von denen hier nur zwei angeführt seien. Vor allem vermißte er zwischen Stavanger und Bergen „den Charakterzug der Strandebene, das Kliff, den Steilrand gegen das Hochland hin". Man könne vielmehr ein allmähliches Senken der Landoberfläche bis zu den äußersten Schären hinaus erkennen. Ferner macht er auf die ungleichmäßige Verbreitung der angeblichen Strandebene aufmerksam. Daher gelangt NUSSBAUM zu einer anderen Auffassung. Nach seinen Beobachtungen über die Landschaftsformen in der Umgebung von Bergen und Stavanger dürfte es sich hier wie an der schwedischen Küste „um die sich sanft gegen das Meer hin abdachende Rumpffläche handeln, die durch zahlreiche Glazialrinnen — Fjordstraßen — in eine Rundbuckellandschaft aufgelöst wird und sich heute als Schärenhof darbietet". Auch die Ausbildung der kleinen Inseln wird der selektiven Erosion der Gletscher zugeschrieben, die sich am Ausgang der Fjorde nach allen Seiten ausbreiteten und zahlreiche Rinnen in den Fels eintieften. Die unterseeische Plattform aber dürfte nach

---

[1]) PENCK, Hauptverz. 1894, S. 472 u. 473ff. Über die Strandauswaschung am Uferrande des Mainzer Beckens bei Alzey, LEPSIUS, Hauptverz. 1892, S. 600, und E. KAYSER, Allgemeine Geologie, 1. Aufl., Stuttg. 1893, S. 285.

Nussbaum zum großen Teile auf glaziale Aufschüttung zurückzuführen sein.[1])

Löwl geht soweit, daß er im Anschlusse an den norwegischen Schärenhof auch den weiten Flachseeboden rings um die britischen Inseln als eine marine Abrasionsebene auffassen will.[2]) Dies soll wohl heißen, daß der Boden der Nordsee und der Schärenhof durch dieselbe marine Abrasion entstanden seien. Das ist aber wohl nur eine geistreiche Hypothese, für die keinerlei Beweis vorliegt. Es steht ihr die oben angeführte Auffassung von Lapparent entgegen, nach der der Boden der Nordsee nicht von einem jüngeren Meere geschaffen worden ist (s. oben S. 188).

Von der Bäreninsel berichtet Salomon: „An diesen gebirgigen Teil der Insel schließt sich im NO und NW ein ausgedehntes, niedriges, wohl nur 100 m über das Meer aufragendes Flachland an, das mir aus der Ferne den Eindruck einer kolossalen Abrasionsterrasse machte".[3])

Die Beobachtungen an den heutigen Steilküsten bestätigen die Theorie von Richthofen, soweit es sich um die Ausbildung von Küstenplattformen von wenigen Kilometern Breite handelt; auch das Weiterwachsen der Terrasse infolge positiver Strandverschiebung ist an der algerischen Küste von Fischer wahrscheinlich gemacht, gleichzeitig aber auch die Langsamkeit des Wachstums dargetan worden. Von da bis zur Ausbildung von Abrasionsflächen von 100000 oder noch mehr Quadratkilometern ist aber noch ein großer Schritt. Der Fortgang des Prozesses ist an den heutigen Küsten nicht verfolgbar, weil die modernen Abrasionsflächen durch Wasser oder Sand verhüllt sind. Die norwegische Strandebene übertrifft die andern an Breite. Wenn sie mit der anschließenden submarinen Plattform eine einzige Abrasionsfläche darstellen würde, so würde hier tatsächlich eine Übergangsform von der schmalen Strandebene zur weitausgedehnten Abrasionsfläche vorliegen. Einstweilen ist aber nicht nur die Entstehung der submarinen Plattform, sondern auch noch die der Strandebene kontrovers. Also schon in bezug auf die Ausbildung solcher Übergangsformen stockt der empirische

---

[1]) Nussbaum, Hauptverz. 1909, Separatabdruck S. 15—26.

[2]) Löwl, Nachtrag 1906, S. 308.

[3]) W. Salomon, Die Spitzbergenfahrt des Internationalen geolog. Kongresses in Geolog. Rundschau 1910, I.

Beweisgang; das ist aber erst recht, wie RICHTHOFEN selbst feststellt, an der wichtigsten Stelle, in der Frage der Abtragung ganzer Gebirge durch vordringende Meere der Fall. Diese Lücke der Beweisführung soll aber durch Beobachtungen von Abrasionsvorgängen aus früheren Erdperioden ausfüllbar sein.

Wesentlich ist, ob die Abrasionsfläche eine Sedimentdecke trägt oder nicht. Wenn man im letzteren Falle daraus, daß ihre Form in keiner oder doch nur in entfernter Beziehung zum inneren Bau steht, ohne weiteres auf marine Abrasion schließt, so muß dieser Schluß auf Grund der neueren Untersuchungen über die Entstehung von Peneplains als zu weitgehend bezeichnet werden.

RICHTHOFEN führt zunächst die Abrasionen in China ins Feld. Diese sind schon oben ausführlich beschrieben. Im marokkanischen Atlasvorlande erhob sich nach FISCHER „ein vermutlich gegen Ende der paläozoischen Zeit steil emporgefaltetes Gebirge, vorwiegend aufgebaut aus paläozoischen Schiefern, Grauwacken, Quarziten, Tonsandsteinen, von granitischen, porphyrischen und ähnlichen alten Eruptivgesteinen durchsetzt". „Dieses Gebirge wurde von dem übergreifenden Meere abgetragen. Wie mit dem Rasiermesser durchschnitten, bilden die fast saigeren Schieferschichten hier und da fast wagrechte Ebenen, aus denen aber festere Grauwackenschichten zum Beleg der noch fortschreitenden äolischen Denudation mauerartig aufragen oder Quarzite, gelegentlich . . . auch kompakte Kalksteine, wahre Klippenzüge bilden." Das alte Grundgebirge ist in großer Ausdehnung durch ein jüngeres Deckgebirge verhüllt. „Nur wo widerstandsfähigere Felsarten des Grundgebirges Aufragungen bedingten" oder die Erosion die Decke entfernt hat, tritt jenes zutage. Das Alter der im Maximum 100 m mächtigen Decke ist unbestimmt (Kreide, Miozän?). Der Gesteinscharakter wird nicht angegeben. Die Tafelflächen des Deckgebirges werden, örtlich beschränkt durch aufragende Inselberge und Inselgebirge des Grundgebirges unterbrochen.[1]) Darnach scheint die Abrasionsfläche von Anfang an nicht ganz eben gewesen zu sein. FISCHERS Beweisführung vom marinen Ursprung der Fläche ist nicht überzeugend. Selbst wenn das Deckgebirge aus Meeresablagerungen bestände, was nirgends gesagt wird, so müßte noch durch das Vorhandensein einer gleichmäßig ausgebreiteten Decke von marinen grobklastischen Bildungen an der Basis, deren Material

[1]) TH. FISCHER, Hauptverz. 1906, S. 365ff. und Hauptverz. 1900, S. 153.

dem Grunde entstammt, der Beweis erbracht werden, daß wirklich eine Abrasion durch das betreffende Meer stattgefunden hat. Auffallend ist der große Zeitabstand zwischen Entstehung des Grundgebirges und Ablagerung des Deckgebirges. Vorausgesetzt, daß letzteres wirklich nicht älter als kretazeisch ist, wäre auf die Faltung eine Festlandsperiode von solch langer Dauer nachgefolgt, daß diese auch ohne Mithilfe des Meeres eine weitgehende Einebnung hätte zustande bringen können. Das Grundgebirge von Marokko erinnert durch gleichzeitige Entstehung an das variskische Gebirge, wie FISCHER selbst feststellt. Nur blieb es noch lange ausschließlich Denudationsgebiet, als das letztere schon längst durch Akkumulation verschüttet war.

Darin steht es dem Grundgebirge auf der Pyrenäenhalbinsel, der sogenannten iberischen Scholle, näher. Diese besteht nach FISCHER ebenfalls aus einem ausgedehnten paläozoischen Faltengebirge, das zu einem einförmigen, sich nach W neigenden Hochlande abgeschliffen ist. „Daß die Abtragung dieses alten gewaltigen Faltengebirges, das also heute eine Fastebene bildet, zum großen Teil das Werk des übergreifenden Meeres ist, davon zeugen sowohl die am West- und Südrande dem Rahmen eines Bildes ähnlich diskordant und ungefaltet übergreifenden Triasschichten, wie namentlich die Kreideschichten, welche auf eine kretazeische Transgression, anscheinend von NO her, schließen lassen.“[1]) Dieselben Bedenken, die gegen die marine Entstehung der marokkanischen Abtragungsfläche vorgebracht werden müssen, bestehen auch hier. Ja es läßt sich sogar nach RÜHL für Katalonien die subaërische Entstehung beweisen. Denn der in germanischer Ausbildung entwickelte Buntsandstein beginnt „mit feinkörnigen roten Sandsteinen, also nicht mit groben Konglomeraten, wie sie marinen Abrasionsflächen auflagern müssen“. Nun ist es sehr wenig wahrscheinlich, daß unser Buntsandstein im Meere abgelagert ist, aber selbst wenn es der Fall wäre, so hätte das Buntsandsteinmeer das Land ohne Abrasion überflutet; die Einebnung war schon in der langen vorausgegangenen Festlandsperiode durch subraërisch wirkende Kräfte vollzogen worden.[2]) Dagegen stellt sich nach WURM im Buntsandstein der Provinz Zaragoza so gut wie überall mit großer Konstanz

[1]) TH. FISCHER, Hauptverz. 1900, S. 153; siehe auch Hauptverz. 1906 S. 365ff.

[2]) RÜHL, Hauptverz. 1909, S. 21.

über dem Kontakt mit dem Paläozoikum ein Basalkonglomerat ein, das freilich nicht sehr mächtig zu sein scheint. Aber der Buntsandstein zeigt keine Merkmale mariner, wohl aber deutliche Merkmale kontinentaler Entstehung. WURM nimmt ebenfalls an, daß auf die Aufrichtung des paläozoischen Faltengebirges in mittel- oder altkarbonischer Zeit im ganzen Norden von Spanien eine lange Festlandsperiode folgte, in der das ursprünglich alpenhohe Gebirge zum Rumpfgebirge abgetragen wurde.[1]) Diese Abtragung war also längst vollendet, ehe das erste, nach der Festlandsperiode transgredierende Meer, nämlich das Muschelkalkmeer, vermutlich von NO her eindrang. In der Provinz Valencia sind die untersten Lagen des Buntsandsteins nach EWALD ebenfalls als Konglomerat entwickelt. Auch EWALD nimmt an, daß der Aufwölbung des Gebirges „eine sehr lang andauernde Periode der Erosion in größtem Maßstabe" folgte.[2]) Wenn auf der Pyrenäenhalbinsel sich im ganzen Perm keine Sedimente auf dem Faltengebirge abgesetzt haben[3]), so müssen wir annehmen, daß dieses hier erheblich höher aufragte als in Frankreich und Deutschland. Das marokkanische Grundgebirge muß noch in der Trias und im Jura das pyrenäische überragt haben.

Ähnlich wie das alte iberische Rumpfgebirge das Fundament der pyrenäischen Halbinsel bildet, so bedingt nach FISCHER die tyrrhenische Scholle die Eigenart der italischen und die rumelische die der Balkanhalbinsel. Es sind paläozoische Faltengebirge von ursprünglich Alpenhöhe, die bis auf die Grundfesten abgetragen sind. Die steil aufgerichteten Schichten erscheinen vielfach „wie mit dem Rasiermesser quer durchgeschnitten". In großer Ausdehnung ist das Rumpfgebirge von jüngerem Deckgebirge überlagert, das sich auf dem Grunde des über die alten Schollen hinübergreifenden Meeres aus den Trümmern des abgetragenen alten Gebirges bildete.[4]) Von der tyrrhenischen Scholle sind nur einige Trümmerstücke erhalten, auch die rumelische ist durch spätere Krusten-

---

[1]) A. WURM, Hauptverz 1911, S. 55 u. 138.

[2]) R. EWALD, Hauptverz. 1911, S. 16 u. 39.

[3]) Dies ist allerdings für das ganze Gebiet der Pyrenäenhalbinsel nicht sicher festgestellt; siehe WURM, a. a. O., S. 46 u. 47. Siehe auch EWALD, a. a. O., S. 39.

[4]) FISCHER, Hauptverz. 1908, S. 21.

bewegungen stark zerstückt; die iberische ist also am unversehrtesten geblieben (ebenda). Über die Art der Abtragung der beiden anderen südeuropäischen Schollen fand ich in der Literatur keine Anhaltspunkte; man wird aber auch nicht ohne weiteres geneigt sein, Abtragung durch das Meer anzunehmen, zumal auch für das Grundgebirge auf französischem Gebiete von Lapparent subaërische Abtragung behauptet wird.[1])

Lapparent beschäftigt sich zunächst mit den Ardennen und unterscheidet hier die unbedeckte Grundgebirgsoberfläche von der bedeckten. Von beiden stellt er die Ebenheit fest. Die Auflagerungsfläche des Jura im Boulonnais ist sogar „spiegelglatt“ (polie comme un miroir). Er verfolgt die geologische Geschichte der Ardennen, die wiederholte Überflutungen durch das Meer (insbesondere Jura- und Kreidemeer) aufweist, und zeigt dabei, 1. daß jedem Auftauchen aus dem Meere eine längere Festlandsperiode folgte, 2. daß das jedesmalige Vorrücken des Meeres langsam und ohne Konglomeratbildung vor sich ging, wie wenn die Fluten jedesmal ein schon stark eingeebnetes Gebiet vorgefunden hätten, das keinen Widerstand bot. Ähnlichen Bedingungen verdankt die meist unbedeckte Pénéplaine des Zentralplateaus, bei der die sonst regelmäßige Oberfläche hier und da durch Granitbuckel gewellt erscheint („est accidentée ça et là par quelques protubérances granitiques“), ihre Entstehung. Davis bemerkt, daß hier die gefalteten Karbonschichten wie von einer riesigen Hobelmaschine abgeschliffen seien („rubbed down by a great leveling machine“).[2]) Auch hier fanden im Laufe der späteren Entwicklung mehrere Invasionen des Meeres statt, aber jeder ging eine festländische Phase voraus, die zur vollständigen Einebnung ausreichte, und nirgends sind Spuren mariner Abrasion vorhanden. Lapparent zieht dann ferner noch das massif de l’Armorique et du Cotentin, die Grundgebirgsoberfläche in den Vogesen und die Pénéplaine von Südengland und Nordfrankreich, die Ramsay als Grundlage seiner Untersuchungen über marine Abrasion gedient hatte, in den Bereich seiner Erörterungen. Er faßt das Resultat seiner Untersuchungen dahin zusammen, daß alle Pénéplaines auf französischem Gebiete als Produkte einer fest-

[1]) Lapparent, Hauptverz. 1899, S. 213—231.

[2]) Davis, Hauptverz. 1909, S. 350—380.

ländischen Denudation erscheinen, und daß bei keiner einzigen marine Abrasion mitgewirkt zu haben scheine.

Das Ardennenplateau setzt sich nach O und NO in die plateauförmige Oberfläche des rheinischen Schiefergebirges fort. Von dieser behauptet RICHTHOFEN: „Die bei positiver Niveauveränderung zwischen Land und Meer vorschreitende Brandungswelle ist allein im Stande gewesen, eine derartige ebene, nur hier und da von gerundeten Wellenbergen unterbrochene Fläche durch die Faltungen der festen devonischen Gesteine zu legen. Nimmermehr hätte fließendes Wasser oder irgendein anderes bekanntes Agens durch mechanische oder chemische Umgestaltung von außen solche Formen hervorzubringen vermocht."[1])

Das alte Gebirge ist stellenweise von Buntsandstein bedeckt, der mit dem Hauptbuntsandstein beginnt. Es hat also schon vor der Bildung des letzteren tiefgehende Abtragung bis zur fast völligen Einebnung stattgefunden. Das Schiefergebirge war seit der karbonischen Faltung Festland gewesen, und es ist wahrscheinlich, daß den festländischen Kräften bei dieser langen Wirkungsdauer der Hauptanteil an der Abtragung zukommt. Nun beginnt der Buntsandstein bei Trier und in der Eifel stets mit groben roten Konglomeraten, die ihr Material der devonischen Unterlage entnommen haben. Die Mächtigkeit der Konglomerate wechselt; sie können bis zu 30—40 m Dicke anschwellen.[2]) Sie stellen das Produkt einer Zerstörung des Grundgebirges dar, die vor der Bildung des Hauptbuntsandsteins stattgefunden hat. Daß diese durch die Brandung des Triasmeeres erfolgt ist, ist aber nicht sicher, sondern muß solange zweifelhaft bleiben, als nicht der Beweis erbracht ist, daß der Hauptbuntsandstein eine Meeresbildung und das Grundkonglomerat ein marines Strandkonglomerat darstellt. Nach VAN WERVEKE gehören übrigens die roten Konglomerate an der Basis des Hauptbuntsandsteines bei Trier zum Teil sicher dem Oberrotliegenden an.[3])

E. KAISER schreibt die Abtragung des Gebirges zum Teil den subaerischen Kräften, zum Teil aber auch der Abrasion des Perm- oder Triasmeeres zu.[4]) PHILIPPSON läßt es dahin-

[1]) *RICHTHOFEN*, Hauptverz. 1882, S. 777.
[2]) *LEPSIUS*, *Hauptverz.* 1892, S. 165.
[3]) VAN WERVEKE, Hauptverz. 1910, a).
[4]) E. KAISER, Hauptverz. 1909, S. 171.

gestellt, ob terrestrische Kräfte oder die Brandung die Abtragung im Perm und Buntsandstein bewirkten.[1])

Die heutige Oberfläche des Rheinischen Schiefergebirges ist nach KAISER mit der permischen Abtragungsfläche nicht identisch, sondern jüngeren Datums, und zwar tertiären Alters und im wesentlichen durch subaërische Abtragung entstanden. Das Zerschneiden und Auflösen in einzelne Bergzüge habe sich erst in pliozäner und diluvialer Zeit vollzogen.[2])

Nach PHILIPPSON erhebt sich der Buntsandstein am Ostrande der Trierer Bucht mit einem Steilrande über die Rumpffläche des Devon: er liegt also auf der Rumpffläche. An anderen Stellen aber „liegt die Oberfläche einer Buntsandsteinscholle in der Rumpffläche, die vom Devon über die Trias ziemlich gleichmäßig hinzieht (so bei Gerolstein und Hillesheim)". Daher hält er die heutige Rumpffläche im großen und ganzen für älter oder gleichalterig mit dem Buntsandstein, nimmt aber an, daß sich die Einebnung noch nach dem Buntsandstein fortgesetzt habe.[3])

Schon RICHTHOFEN[4]) weist darauf hin, daß das Plateau sich auch über den Rand des Rheinischen Schiefergebirges hinaus nach S und W fortsetze und dabei über Formationen verschiedensten Alters, Rotliegendes, Buntsandstein, Trias, Jura und ebenso über jüngere Verwerfungen hinwegschreite, ohne seinen wesentlichen Charakter zu ändern. Er folgert daraus, daß außer der ersten Abrasion vor Ablagerung des Buntsandsteines viel später noch eine zweite stattgefunden haben müsse. „Sie entfernte den Buntsandstein aus dem paläozoischen Gebiet bis auf wenige Überreste, schliff das letztere abermals ab und schuf jene merkwürdige Fläche, welche die Faltungen des Devons ebenso durchschneidet, wie sie die sanft geneigten Schichten der Trias, des Lias und des Jura abgehobelt und die zahlreichen Verwerfungen auf der Oberfläche verwischt hat" (a. a. O., S. 779, Fußn. 3). Auch diese Abrasion wird dem Meere zugeschrieben. Aber welchem Meere? Das Kreide- und Tertiärmeer haben nur den Rand des Gebirges bespült, im Inneren fehlen nicht bloß Brandungskonglomerate, sondern überhaupt jegliche Spuren von der Anwesenheit eines jüngeren Meeres. Dagegen ist das Plateau

---

[1]) A. PHILIPPSON, Hauptverz. 1903, S. 194.

[2]) E. KAISER, a. a. O., S. 175.

[3]) PHILIPPSON, Hauptverz. 1903, S. 195.

[4]) Hauptverz. 1882, S. 777.

an vielen Stellen von tertiären Schottern und Sanden bedeckt, die von Flüssen in Süßwasserseen geführt wurden, auf deren Grunde Braunkohlenlager entstanden.[1]) PHILIPPSON nennt sie „Binnensee- und Lagunenablagerungen des mittleren Tertiärs".[2])

Diese Schwierigkeit kam RICHTHOFEN wohl zum Bewußtsein: „Das Rätselhafte liegt in dem Fehlen einer transgredierenden Formationsdecke aus dieser zweiten Abrasionsperiode; es besteht ebenso in dem von Ramsay aus Wales' beschriebenen Falle" (ebenda). Zur Erklärung nimmt er Oszillationen des Meeresniveaus bei gleichzeitig stattfindenden Küstenströmungen an; bei jedem erneuten Vordringen des Meeres sollen die früheren Bildungen wieder zerstört und in größere Ferne hinweggeführt worden sein. Diese Erklärung ist mir persönlich doch sehr unwahrscheinlich.

FRECH[3]) möchte wegen der Sandsteingerölle, die sich bei Brilon im Sauerlande auf der Höhe der alten Rumpffläche finden und die mit ähnlichen Bildungen an der Basis der oberen Kreide bei Essen übereinstimmen sollen, auch eine Abschleifung des Gebirges durch das Meer der oberen Kreide annehmen. Allein diese Gerölle würden keinesfalls beweisen, daß das ganze rheinische Schiefergebirge, sondern nur, daß die Randregion überflutet wurde. Für eine Abrasion des Grundgebirges des inneren Teiles durch ein Kreidemeer liegt kein Beweis vor.

RICHTHOFEN vermutet, daß die Unterlage des Buntsandsteines, der wahrscheinlich in großer Mächtigkeit das ganze Schiefergebirge transgredierend bedeckt hat, bedeutend von der heutigen Gestalt des Gebirges abwich. Dies ist sehr wohl möglich; es könnte durch genauere Untersuchungen über die Grundfläche der heutigen Buntsandsteinreste und Vergleich mit dem heutigen Plateau festgestellt werden.

HÄBERLE findet in der Mittelpfalz „noch Reste einer alten Rumpffläche", einer Fastebene, „die vielleicht mit der des Odenwaldes und Spessarts in Beziehung zu bringen ist". Die Einebnung erfolgte im Frühtertiär oder in der Kreide unter dem Einflusse von Verwitterung, Erosion und Denudation. Die Rumpf-

---

[1]) LEPSIUS, Hauptverz. 1892, S. 214.

[2]) A. PHILIPPSON, Hauptverz. 1903, S. 195.

[3]) FRECH, Nachtrag 1909, S. 37.

fläche würde also eine alte Landoberfläche darstellen.[1]) Die Fastebene am Nordrande des Odenwaldes in der Umgebung von Messel (s. Bd. XII, S. 137) ist ebenfalls eine in junger Zeit durch subaërische Agentien entstandene Abtragungsfläche, denn die Gegend war in der in Betracht kommenden Zeit nicht mehr vom Meere bedeckt. Allerdings trifft hier auch auf die jüngere Aufschüttung ein Hauptanteil an der Verebnung.

Auch die heutige sanft gewellte Oberfläche des thüringischen Schiefergebirges ist nach E. PHILIPPI mit der permischen nicht identisch und steht auch nicht zu ihr in Beziehung.[2]) Sie liegt viel tiefer und stammt ihrer Anlage nach aus viel späterer Zeit. Nirgends reicht sie bis in die Nähe der permischen Bedeckung heran. Ihre Ausbildung fällt zum größten Teil noch in das Mesozoikum und war bereits vor Ablagerung der oligozänen Schotter vollendet. Vom Oligozän ab wurde sie durch Flußerosion zerschnitten. Diese präoligozäne Peneplain hat sich im vogtländischen Berglande, im Frankenwalde und im östlichen Teile des thüringischen Schiefergebirges „oft mit überraschender Frische erhalten"; in mehr oder weniger gutem Erhaltungszustand ist sie aber auch noch darüber hinaus im südwestlichen Triasvorland des Thüringer Waldes, im Thüringer Becken und in den Höhenzügen, die seine nordöstliche Begrenzung bilden, ebenso auf der Höhe des Kyffhäusers und im Unterharz nachweisbar (a. a. O., S. 340). Im Schichtentafelland schneidet sie die Schichtflächen unter spitzem Winkel. Nach PHILIPPI ist die Fläche nur durch subaerische Denudation entstanden, denn in der ganzen in Betracht kommenden Zeit hat niemals ein Meer die Gegend des Thüringer Waldes überflutet. „Das Meer der oberen Kreide drang wohl nur bis in das heutige Thüringer Becken ein, das Oligozänmeer überschritt aber nicht wesentlich die Linie Bernburg—Halle—Leipzig in südlicher Richtung. Hätte aber irgendein Meer die Gegend des Thüringer Waldes bespült und sich an der Abtragung der mesozoischen Flözdecke beteiligt, so hätte es sicher auch irgendwelche Sedimente hinterlassen; von diesen aber kennen wir auch nicht die geringste Spur" (a. a. O., S. 318).

---

[1]) D. HÄBERLE, Hauptverz. 1909, S. 3 u. 4 des Separatabdrucks; siehe auch Nachtrag 1913, S. 35.

[2]) E. PHILIPPI, Hauptverz. 1910.

Daher nennt PHILIPPI die Peneplain eine präoligozäne Landoberfläche.

Es wäre von großem Interesse zu erfahren, ob auch in anderen deutschen Mittelgebirgen außer dem rheinischen und thüringischen Schiefergebirge die plateauartige Oberfläche als eine mesozoische oder tertiäre Landoberfläche aufzufassen ist. PHILIPPI scheint es anzunehmen, denn er spricht schlechthin von der „Mittelgebirgshochfläche", die eine „verhältnismäßig jugendliche und nur durch subaërische Denudation hervorgerufene Peneplain" darstelle (a. a. O., S. 317). Nach MORDZIOL scheint „die Einebnung der deutschen Mittelgebirge im Laufe der jüngeren Tertiärzeit nicht nur im Rheinischen Schiefergebirge, sondern auch in anderen Gebieten der deutschen Mittelgebirge nachweisbar zu sein, so z. B. besonders im oberen Saalegebiet, in Schwaben und Franken, Böhmen". Er glaubt schon jetzt sagen zu dürfen, „daß die miozäne (bzw. pliozäne) Einebnung infolge eines Erosionszyklus so gut wie allgemein in den deutschen Mittelgebirgen vorhanden war".[1]) HETTNER hält andererseits den Beweis für eine selbständige Ausbildung der heutigen Rumpfflächen in den deutschen Mittelgebirgen in jüngerer, präoligozäner Zeit nicht für überzeugend.[2])

Eine typische Fastebene ist das Innere des böhmischen Gebirgsvierecks. Die Gegend wurde bei der herzynischen Faltung aus dem Meere emporgehoben und blieb dann außerordentlich lange Zeit hindurch Festland. Für den Zechstein u. a. wird es ausdrücklich von H. L. F. MEYER festgestellt.[3]) Erst in der Kreidezeit versank sie wieder, und zwar zum letzten Male, unter den Meeresspiegel. Für eine marine Abrasion des Grundgebirges käme also das Kreidemeer allein in Betracht. Aber die Einebnung des herzynischen Gebirges zu einer Peneplain war nach PENCK schon vor dem Eindringen dieses Meeres durch subaërische Kräfte vollzogen worden. Denn unter der Kreidedecke finden sich Süßwasserablagerungen, und das Meer hat auch keine Spuren einer Abrasion hinterlassen.[4]) LÖWL führt dagegen in seiner Geologie (S. 307)

[1]) C. MORDZIOL, Hauptverz. 1910, S. 17.

[2]) A. HETTNER, Nachtrag 1913, S. 195.

[3]) H. L. F. MEYER, Hauptverz. 1910, S. 447.

[4]) Von PENCKS Abhandlung: Über die Denudation der Erdoberfläche (Wien 1887) lag mir nicht das Original vor, sondern nur ein Referat in DAVIS, Geographical Essays, The Peneplain, S. 373/74.

an, daß die sandige und mergelige Schichtfolge allerdings stellenweise „mit fluviatilen und limnischen Sandsteinen und Schiefertonen, die nur Pflanzenreste und Süßwassermuscheln führen", beginne. „An anderen Stellen ist die unterste Lage ein grobes, aus Strandgeröllen hervorgegangenes Konglomerat, und in manchen Aufschlüssen liegt der marine Sandstein oder Mergel unmittelbar, ohne Grundkonglomerat auf dem Massive." Man müsse daher annehmen, daß die Transgression des Kreidemeeres nur in den Niederungen ohne Abrasion erfolgt sei, aber daß andererseits auch Höhen vorhanden waren, die durch die Abrasion des Meeres verebnet worden seien. Also dürfen wir das Peneplain des böhmischen Massivs nur zum Teil als Beispiel subaerischer Verebnung betrachten.[1])

Bei der großen südrussischen Abrasionsfläche von Granit und Gneis denkt sich RICHTHOFEN als Ursache der vollständigen Abhobelung des Grundes die öftere Wiederholung des marinen Abschleifungsprozesses.[2]) Nach DAVIS sind aber auf dem ganzen russischen Plateau trotz seiner ungeheuren Ausdehnung keine Spuren einer abradierenden Tätigkeit eines Meeres zu finden.[3]) Wie PHILIPPSON ausführt, befinden sich in der russischen Tafel infolge mannigfacher Hebungen und Senkungen, die sie im Lauf der Zeiten ausgeführt hat, die gleichen Schichten in ziemlich verschiedener Meereshöhe. Über alle Formationen hinweg zieht sich aber gleichmäßig eine Plateaufläche von 200 bis 300 m Meereshöhe. Sie ist eine einzige riesige Denudationsfläche. Da sie über die Ablagerungen der älteren Eiszeit hinwegzieht, kann sie in ihrer heutigen Gestalt nicht älter sein als diese selbst. Doch wurde sie wahrscheinlich in langen vorhergehenden Kontinentalperioden bereits vorbereitet. Das Meer kann die Plateaufläche nicht geschaffen haben, „da wir postglaziale Meeresablagerungen auf der zentralrussischen Plateaufläche nicht kennen, überhaupt eine Meerestransgression über ganz Rußland hinweg in dieser jungen Vergangenheit ausgeschlossen ist". Es kommt nur die Tätigkeit der Flüsse, für Nordrußland auch die Tätigkeit der Gletscher in Betracht. Namentlich

[1]) Über die Bedeckung Böhmens durch das Jurameer siehe LÖWL, Geologie, S. 156.

[2]) RICHTHOFEN, Hauptverz. 1886, S. 363.

[3]) DAVIS, unter Berufung auf PHILIPPSON, in Geographical Essays (Hauptverz. 1909), The Peneplain, S. 359.

ist „die seitliche Erosion und seitliche Verschiebung großer Ströme in ihren Unterläufen ein Vorgang, der wohl geeignet ist, solche flachwelligen Denudationsflächen herzustellen".[1])

Dagegen soll der Ural nach KAYSER „eines der schönsten und großartigsten Beispiele mariner Abschleifung" bieten. Die ursprüngliche Ostgrenze des Gebirges muß weiter östlich gelegen haben, da sich die archäischen Gesteine des mittleren und östlichen Urals im Untergrunde der von marinen Tertiärschichten eingenommenen asiatischen Ebene noch weiter nach O fortsetzen. Der heutige Gebirgsrand „bezeichnet die Grenze der Abrasion des alttertiären Meeres, welches, von Asien kommend, einen großen Teil des alten Uralgebirges, schließlich sogar den größten Teil seiner ehemaligen Zentralzone abgeschliffen und in eine flach gegen O einsinkende Ebene verwandelt hat, über welche das Meer später eine mächtige Sedimentdecke ausgebreitet hat".[2]) Nähere Angaben über die Beschaffenheit der Schliffläche und der sie unmittelbar bedeckenden Sedimente werden nicht gemacht. Der große zeitliche Abstand zwischen der Auffaltung des Urals und dem Eindringen des Meeres ist sehr zu beachten. Er hätte jedenfalls hingereicht, um auch ohne marine Abrasion eine Rumpffläche entstehen zu lassen.

In Skandinavien soll nach RICHTHOFEN vor dem Kambrium eine marine Abrasion ungefähr gleichzeitig mit der sinischen in China erfolgt sein. Die mächtige Schichtfolge, welche dem kristallinen Gebirge transgredierend auflagert, beginnt mit groben Konglomeraten kambrischen Alters. „Das gesamte Massiv dieser Halbinsel erscheint als ein durch Abrasion gewaltiger Gebirge geformter und geglätteter Rumpf, welcher teils durch Auflagerung von Sedimenten, teils durch Verwerfungen, durch Erosion und wohl auch durch später wenigstens in Teilen wiederholte Abrasion noch manche Umgestaltungen erfahren hat."[3]) Diese Auffassung wird indes nicht allgemein geteilt. So ist nach NUSSBAUM die Abtragung des Gebirges nach der paläozoischen Faltung zu einer Rumpffläche „der normalen Denudation" zuzuschreiben, „welche während ungeheurer Zeiträume, nämlich bis zum Ende der Tertiärzeit, wirken konnte".[4])

---

[1]) PHILIPPSON, Hauptverz. 1898, S. 40 u. 41.

[2]) KAYSER, Allg. Geolog. 1912, S. 495 u. 496.

[3]) RICHTHOFEN, Hauptverz. 1882, S. 780.

[4]) Siehe NUSSBAUM, Hauptverz. 1909, S. 26 des Separatabdruckes.

Im nordwestlichen Schottland läßt sich nach RICHTHOFEN eine Abschleifung der Unterlage der kambrischen Schichten zu rundlichen Formen auf eine Länge von 90 englischen Meilen verfolgen. Das Kambrium transgrediert allenthalben auf der archäischen Grundlage, und an manchen Stellen finden sich zu unterst konglomeratische Bildungen.[1]) Aus Nordwestengland führt DAVIS ein Beispiel von der Abtragung einer mächtigen Gebirgskette (a vigorous mountain range) zu einer Peneplain vom Ende des Paläozoikums an. Er zitiert zunächst einen englischen Geologen (DAKYNS u. a.)[2]): Karbonische Kalksteine lagern auf einer unebenen Unterlage von silurischen Gesteinen. Die Grenzlinie der beiden Formationen läuft deutlich auf und ab, 20—30 Fuß an manchen Stellen, während der Kalkstein darüber fast horizontale Lage behält. Das Silur erhebt sich zu Bergeshöhe, während an dem Abhange horizontale Kalksteinschichten aufgelagert sind. Auch GOODCHILD betone, daß diese Abrasionsfläche, die er für marin hält, Vertiefungen und Erhöhungen aufweist, ebenso wie eine moderne Abrasionsfläche Untiefen und Inseln. In der Hauptsache nennt er sie aber „tolerably uniform". Den beiden gegenüber stellt DAVIS nachdrücklich die Ebenheit der Fläche im wesentlichen fest. Die silurischen Felsen besitzen keine Verwitterungsdecke (residual soil). Die Kalksteine sind marin und lagern, von wenigen Stellen abgesehen, ohne Konglomerate auf. Das Fehlen der Verwitterungskruste und der marine Charakter der Sedimentdecke der Fläche veranlassen DAVIS, neben subaërischer Abrasion auch eine marine anzunehmen, wobei er nicht auf das Fehlen von Brandungskonglomeraten achtet. Mit Rücksicht auf das letztere Moment muß die marine Entstehung starken Zweifeln begegnen.[3]) Daß die nach RAMSAY durch marine Abrasion der Kreideschichten entstandene Peneplain von Südengland und Nordfrankreich von LAPPARENT für terrestrisch gehalten wird, hörten wir oben. Nach ihm fehlt jede Spur einer zerstörenden Wirkung der Brandung. Die Peneplain greift auf französischem

[1]) RICHTHOFEN, a. a. O., S. 780.

[2]) Geology of the country around Ingleborough in Mem. geol. Surv. Great Britain 1890, S. 23 (aus DAVIS, Hauptverz. 1909, The Peneplain, S. 368ff.).

[3]) Eine einfache marine Transgression braucht allerdings keine Konglomerate zu erzeugen. Wenn das Meer aber eine Abrasion bewirkt hätte, so müßte es doch die abgelösten Trümmer irgendwo abgelagert haben.

Boden auch noch über das Tertiär des Pariser Beckens hinweg, daher muß ihre Bildung in der langen Festlandsperiode erfolgt sein, die in diesen beiden Ländern seit dem Rückzuge des Tertiärmeeres geherrscht hat.

Aus Nordamerika führt RICHTHOFEN ebenfalls zwei Abrasionsflächen als Beispiele an, die eine ohne, die andere mit Sedimentdecke. Die erstere soll den Westabhang der Sierra Nevada in Kalifornien bilden und eine der schönsten Abrasionsflächen darstellen. „Trotz hochgradiger Faltung der metamorphisch-kristallinen Sedimentgesteine, aus denen er (nämlich der Westabhang der Sierra Nevada: der Verf.) hauptsächlich besteht, und des bedeutenden Anteils, welchen eruptiver Granit an seiner Zusammensetzung nimmt, steigt er doch mit geringer Neigung und größtenteils sehr ebenmäßig aus den Tälern des Sacramento und San Joaquin gegen den Kamm des Gebirges an.“[1]) Der andere Fall von Abrasion soll bei der geologischen Aufnahme der Zone des 40. Breitegrades in Nordamerika festgestellt worden sein, und zwar erfolgte diese Abrasion ungefähr gleichzeitig mit der sinischen in China und unter fast denselben Umständen. Ungefaltete Sedimente vom Kambrium bis zum Karbon hinauf von annähernd 32000 Fuß Mächtigkeit transgredieren auf gefalteten archäischen Schichtgesteinen. Die tiefsten Glieder sind nicht beobachtet.[2]) DAVIS führt in der Abhandlung Plains of Marine and Subaerial Denudation als Beispiel für eine deutlich als solche erkennbare subaerische Peneplain die Rumpffläche am Fuße der Appalachen an; in der Abhandlung „The Peaneplains“ wird der „Piedmont belt of Virginia“ als tertiäre Peneplain ohne Sedimentdecke bezeichnet.[3]) Am gleichen Orte gibt DAVIS eine interessante Schilderung der Peneplain, die an den Seitenwänden des Colorado-Cañons die Unterlage des Karbons bildet, von DUTTON wieder: Die Basis des Karbons ruht diskordant auf der Unterlage. Diese trägt Hügel und Rücken von sanften Formen („was slightly roughened by hills and ridges“). So durchragen in dem Haibal-Distrikt einige Silurhügel den harten quarzitischen Sandstein an der Basis des Karbons; aber diese von der anwachsenden Sedimentmasse verschütteten paläozoischen Hügel haben nur

[1]) RICHTHOFEN, Hauptverz. 1882, S. 778.

[2]) RICHTHOFEN, a. a. O., S. 780 u. 781.

[3]) DAVIS, Hauptverz. 1909, S. 345 u. 350.

unbedeutende Maße und überschreiten in der Höhe selten 200 oder 300 Fuß.[1]) Über die Entstehung der Fläche erhalten wir keinen näheren Aufschluß.

Von den ausgedehnten **Rumpfflächen des tropischen und subtropischen Afrikas**, die sich am Fuße von Zeugenbergen ausbreiten, nimmt PASSARGE an, daß sie durch die Wirkung des Windes in einem während des ganzen mesozoischen Zeitalters herrschenden Wüstenklima entstanden seien. Indes ist von ZITTEL für die Sahara ein ehemals feuchtes Klima nachgewiesen worden, unter dessen Einfluß die Wadis erodiert wurden.[2]) FRECH weist auf Rumpfflächen der arabischen Wüste am Fuße von Zeugenbergen, ferner auf solche im Steppengebiet von Utah und Colorado, in Texas und in Australien hin, die alle in Wüsten oder Halbwüsten liegen und wahrscheinlich durch Wüstenverwitterung entstanden seien.[3])

Nach BROOKS zerfallen die **Plateaux Alaskas** in zwei Typen: 1. Erosionsebenen, 2. Ablagerungsebenen. Die ersteren können in solche eingeteilt werden, deren planierte Oberfläche sich auf subaërische Erosion, und in solche, deren Oberfläche sich auf marine Abrasion zurückführen läßt. Die erstere Abteilung ist in Alaska weitverbreitet, die zweite dagegen von untergeordneter Bedeutung.[4])

Hier sind Abtragungsebenen von Aufschüttungsebenen unterschieden. In der Mehrzahl der früher ausgeführten Fälle ist diese Unterscheidung nicht deutlich genug. Es bleibt oft zweifelhaft, ob die Felsoberfläche des abgetragenen Gebirges als mehr oder weniger vollkommene Ebene dargestellt werden soll, oder ob die Verebnung durch Auffüllung der Vertiefungen der Felsoberfläche und Erniedrigung der trennenden Rücken, also teils durch Abtragung, teils durch Aufschüttung, erzeugt worden ist.

Ergebnis der vergleichenden Betrachtung von Gebirgsabrasionen aus früheren Perioden.

Die Zusammenstellung[5]) vieler Fälle von Gebirgsabtragungen aus der geologischen Vergangenheit diente zur Ausfüllung einer

[1]) DAVIS, Hauptverz. 1909, The Peneplain, S. 368.

[2]) Siehe A. HETTNER, Nachtrag 1913, S. 190.

[3]) FRECH, Nachtrag 1909, IV, S. 35 u. 38.

[4]) KARL L. HENNING, Nachtrag 1913, S. 675.

[5]) Die Zusammenstellung macht keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Lücke in der empirischen Beweisführung, die dadurch entsteht, daß eine eine größere Fläche umfassende Abrasion durch die heutigen Meere sich der Beobachtung entzieht. Es sollte so untersucht werden, ob und in welchem Umfange im Laufe der Erdgeschichte durch die Wirkung des vordringenden Meeres ganze Gebirge zur Fastebene abgetragen worden sind. Nach RICHTHOFEN gibt es zahlreiche Belege dafür. Es zeigt sich, daß zwar in bezug auf die Ausbildung mehr oder weniger breiter Strandplatten die RICHTHOFEN'sche Theorie der Abrasion durch die Beobachtung bestätigt ist, aber in bezug auf die Abrasion ganzer Gebirge doch nur sehr bescheidene Anfänge einer solchen Bestätigung vorliegen. Nicht nur ist in vielen Fällen, wo nach RICHTHOFENS Auffassung marine Abrasion anzunehmen wäre, diese zweifelhaft, begegneten wir doch in ganz Europa und Nordafrika nicht einem einzigen ganz sicheren Beispiel mariner Abrasion, sondern es besteht sogar in mehreren Fällen eine große Wahrscheinlichkeit (permische Abtragungsfläche von Katalonien, heutige Oberfläche des französischen Zentralplateaus, der Ardennen, des Rheinischen Schiefergebirges, des ostthüringischen Schiefergebirges), daß die Einebnung das Werk terrestrischer Kräfte ist. Die RICHTHOFEN'sche Behauptung, daß nur das Meer dazu fähig sei, muß demnach als viel zu weitgehend bezeichnet werden.

Es ist zu beachten, daß eine marine Abrasion außerordentlich günstige Umstände voraussetzt. Die Senkung der Küste muß während ungeheurer Zeiträume mit sehr geringer Geschwindigkeit anhalten. Diese Bedingung dürfte doch nicht allzuhäufig verwirklicht werden.[1])

Anwendung auf die permische Abtragungsfläche.

Damit ist eine allgemeine Grundlage zur Erörterung der Frage nach der Entstehung der permischen Abtragungsfläche in den deutschen Mittelgebirgen gewonnen. Es scheint selbstverständlich, daß man auf die Form der Fläche großes Gewicht legt, denn die Formen der marinen Abtragung sind

[1]) Bei RICHTHOFEN selbst hat sich die Anschauung zuletzt insofern gewandelt, als er später zwar die Entstehung von Abtragungsebenen durch subaërische Kräfte für unmöglich hielt und der marinen Abrasion vorbehielt, aber die Möglichkeit der Entstehung welliger Rumpfflächen durch kontinentale Abtragung zugab. Siehe Nachtrag 1905, S. 247.

andere als die der terrestrischen, und nur im allerletzten Stadium können die terrestrischen den marinen zum Verwechseln ähnlich werden. Und doch legt DAVIS so wenig Gewicht darauf, daß er unter den Unterscheidungsmerkmalen mariner und terrestrischer Peneplains das Moment der Form völlig ausschaltet. Die Begründung finden wir in folgenden Worten, die den Begriff der Peneplain erläutern sollen: «It should be borne in mind that the depressed and buried or the uplifted and dissected plains of denudation whose origin is in question are in no cases geometrical planes; they nearly always possess perceptible inequalitys, amounting frequently to two or three hundred feet» ... «By whatever process the so-called „plain of denudation" was produced, an explanation of moderate or slight relief is all that is necessary. Absolute planation is so rare as hardly to need consideration here».[1]) Nach ihm sind also auch die marinen Abrasionsflächen uneben, und es wäre unstatthaft, aus der Unebenheit allein auf terrestrische Entstehung zu schließen. Dagegen bezeichnet RICHTHOFEN es als charakteristische Eigenschaft der marinen Abrasionsfläche, daß sie eben ist oder sich wenigstens der Ebene nähert. Er ist auch der Meinung, daß diese Eigenschaft einer marinen Abrasionsfläche allein zukommt. Darin geht er zu weit; es kann sich nach der Anschauung der neueren Morphologen auch eine terrestrische Abtragungsfläche der Ebene nähern, wenn nur den terrestrischen Kräften eine genügend lange Wirkungsdauer zur Verfügung steht, und solche Endstadien von terrestrischen Abtragungsflächen hat DAVIS offenbar im Auge. Sie sind allerdings in der Form kaum mehr von marinen zu unterscheiden. Anders verhält es sich aber, wenn das Endstadium noch nicht erreicht ist. Dann muß der Ursprung auch noch in der Form erkennbar sein. Es ist also festzustellen, in welchem Stadium der Einebnung sich die permische Abtragungsfläche befindet. Die von RICHTHOFEN als marin geschilderten Abrasionsflächen von China, insbesondere die sinische, sind keineswegs vollständig eben, ebenso nicht die von DAVIS angeführte, angeblich marine Abrasionsfläche im Nordwesten von England. Die marine Entstehung dieser Flächen ist allerdings wohl nicht in allen Fällen über jeden Zweifel erhaben. Aber auch aus den Abrasionsbuchten heutiger Meere ragen Inseln und

---

[1]) DAVIS, Hauptverz. 1909, Plains of Marine and Sub-Aërial Denudation, S. 340.

Riffe auf. RICHTHOFEN erklärt die Entstehung solcher Unebenheiten auch theoretisch. Die marine Abrasionsfläche ist nach seiner Theorie keine mathematische, sondern eine flachwellige Ebene, deren allgemeines Niveau von einzelnen Klippen erheblich überragt werden kann. Es scheint also wirklich, als ob die Unebenheit nicht ausschließlich den terrestrischen Flächen zukomme, und sich aus der Tatsache der Unebenheit allein kein sicherer Anhaltspunkt für die Entstehung der Abtragungsfläche gewinnen läßt. Es kommt aber nicht auf das Unebensein schlechthin, sondern auf den Grad und die Art der Unebenheit an. Die Unebenheiten der sinischen Abrasionsfläche werden von RICHTHOFEN als steile und hohe Riffe gekennzeichnet, die nur inselartigen Charakter haben und der allgemeinen Ebenheit der Fläche wenig Eintrag tun. Diese dehnt sich über große Gebiete als nahezu horizontale Ebene aus (siehe oben S. 183). Denselben Charakter haben die Unebenheiten der modernen Abrasionsterrassen; die Abrasionsplattform ist im allgemeinen ausgezeichnet eben. Auch die alten Strandterrassen sind ausgezeichnete Ebenen. Überall haben die Unebenheiten den Charakter von Ausnahmen, sie steigen unvermittelt und steil zu bedeutender Höhe auf und haben verhältnismäßig geringen Umfang. Anders ist es bei der permischen Abtragungsfläche. Hier ist die Unebenheit nicht Ausnahme, sondern Regel. Die Erhöhungen sind nicht inselartig, aber auch nicht riffartig steil, sondern steigen allmählich auf breiter Basis zu Bergen an. Ferner sind sie oberflächlich durchweg abgerundet, was bei den Meeresriffen nicht der Fall ist, wenigstens nicht beobachtet ist. RICHTHOFEN behauptet zwar, daß auch bei diesen die Abrundung möglich ist, aber die Erklärung bereitet Schwierigkeiten. In der Literatur ist allerdings manchmal von Riffen der permischen Abtragungsfläche die Rede, doch ist dies offenbar in einzelnen Fällen, wie das Beispiel von Albersweiler (Pfalz) zeigt, nicht immer im strengsten Sinne zu verstehen, und überhaupt handelt es sich doch nur um Ausnahmefälle.

Das Charakteristische der marinen Abrasionsfläche ist die sich auf weite Entfernungen ausdehnende ebene Abrasionsplattform. Eine solche ist bei der Grundgebirgsunterlage des Perms oder Oberkarbons bis jetzt noch nicht beobachtet worden. Im Gegenteil, es können sich Höhenunterschiede der Abtragungsfläche, und zwar innerhalb der stetig zusammenhängenden

Flächenteile unter Ausschaltung etwaiger riffartig aufragender Teile, bei geringer horizontaler Entfernung der Punkte auf einige 100 m belaufen. Solche Beträge scheinen mir doch mit der Natur einer marinen Abrasionstafel unvereinbar. Dazu kommen die vielen Vertiefungen, deren Breite nur einen kleinen Bruchteil ihrer Länge beträgt, die also als talartig bezeichnet werden müssen und auch in der Literatur oft so bezeichnet werden. Sie sind meist flach, zuweilen aber auch tief eingeschnitten. Beispiele dafür enthält die Karte der permischen Abtragungsfläche des Odenwaldes. Mit großer Sicherheit und Deutlichkeit sind sie im Schwarzwalde zu verfolgen, und ebenso finden sich Beispiele in den meisten übrigen deutschen Mittelgebirgen. Außer als talartig werden sie oft auch als trog- oder wannenförmig bezeichnet. So fehlt der Abtragungsfläche das wesentlichste Moment der marinen Abrasionsfläche, nämlich die auf größere Erstreckung ebene Abrasionsplatte. Die Anordnung von Erhöhungen und Vertiefungen ist nicht derart, daß aus einer gleichmäßig ebenen Fläche sich einzelne Riffe erheben, sondern es herrscht stetiger Wechsel von Berg und Tal, d. h. die Fläche hat festländischen Charakter, wie dies auch unter anderem für Thüringen von Lepsius, Beyschlag und Liebe ausdrücklich festgestellt wird. Man könnte vielleicht einwenden, daß die Abtragungsfläche manchmal doch auf große Erstreckung ziemlich eben sei, wie z. B. die Grundgebirgsunterlage des Oberrotliegenden im Schwarzwalde (siehe oben S. 40), und daß sie hier einer Abrasionsplatte ziemlich nahe komme. Allein man übersieht dabei, daß hier gerade in das Plateau einzelne tiefe Täler eingeschnitten sind, die mit der Natur einer Abrasionsebene in Widerspruch stehen. So weicht also die permische Abtragungsfläche in der Form in wesentlichen Punkten sowohl von den modernen marinen als auch von den aus früheren Zeiten erhalten gebliebenen Abrasionsterrassen bzw. -Flächen ab. Dies deutet auf festländische Entstehung. Es bleibt unverständlich, wie die hauptsächlich horizontal wirkende Brandung solche Formen hervorbringen könnte, insbesondere ist es ausgeschlossen, daß die Brandung talartige Rinnen erzeugen kann. Dies ist eine Eigentümlichkeit des fließenden Wassers. Allenfalls können durch den Wind in der Wüste ganz flache Rinnen ausgeblasen werden. Man erwartet vielleicht, daß die Täler noch tiefer eingeschnitten sein könnten. Daß dem nicht so ist, hat seinen Grund jedenfalls

darin, daß die permische Abtragungsfläche im allgemeinen in der Zeit des Rotliegenden verhältnismäßig keine sehr bedeutende Meereshöhe hatte. Der Einwand, daß die Fläche für eine terrestrische Abtragungsfläche zu eben sei, kann durch den Hinweis auf die noch viel flacheren Peneplains terrestrischer Entstehung (Eifel, Teile von Böhmen) entkräftet werden. Bei diesen ist der festländische Charakter weniger deutlich oder gar nicht mehr ausgeprägt. Bei der permischen Abtragungsfläche war der Abtragungsprozeß am Schlusse des Perms noch nicht bis zum letzten Stadium, bis zur Verwischung des festländischen Formencharakters, vorgeschritten.

Natürlich kann man einzelne der Vertiefungen auch als tektonische auffassen; so betrachtet Lepsius die Rotliegendmulde des Plauenschen Grundes oder das Döhlener Becken als eine Grabenversenkung; ferner nimmt er zwischen dem Rheinischen Schiefergebirge und dem oberrheinischen Grundgebirge einen großen, von SW nach NO ziehenden Saar—Saalegraben an, dem das Saar—Nahebecken angehören soll. Auch an den „fränkischen Linien", auf der Westseite des Erzgebirges, Fichtelgebirges und böhmisch-bayrischen Grenzgebirges erfolgten nach Lepsius Abbrüche und entstanden Gräben, in denen mächtige Rotliegendsedimente sich ablagerten.[1]) Es handelt sich dabei aber nur um Annahmen von größerer oder geringerer Sicherheit, und wenn diese auch in vielen Fällen zutreffen, so bleiben noch genug Fälle übrig, in denen eine tektonische Erklärung unangebracht ist. Im allgemeinen werden die Vertiefungen tektonischen Ursprungs zu den Großformen der permischen Landschaft gehören.

Nicht alle variskisch orientierten Grundgebirgssenken müssen als geologische Gräben betrachtet werden. Ihre Richtung kann dadurch bestimmt worden sein, daß sie, wie das erzgebirgische und nordsächsische Becken, in eine Mulde der älteren Schichten eingeschnitten wurden, etwa durch Wirkung des fließenden Wassers, das den bei der Faltung entstandenen oberflächlichen Vertiefungen folgte, oder es können auch variskisch streichende Verwerfungen und Klüfte dem Wasser den Weg gewiesen und es zur Eintiefung ebenso gerichteter Furchen veranlaßt haben.

Richthofen fordert von der marinen Abrasionsfläche, daß sie vom inneren Bau des zerstörten Gebirges un-

[1]) Lepsius, Hauptverz. 1910, II, S. 440—448.

abhängig sei. Diese Forderung scheint die permische Abtragungsfläche nicht zu erfüllen. Im Schwarzwald haben nach ECK die muldenförmigen Vertiefungen des Grundgebirges, in denen sich jung-paläozoische Sedimente ansammelten, südwest-nordöstliche Richtung. Nach BRÄUHÄUSER zieht ein dyadisches Tal von Schramberg nach Oberndorf, also ebenfalls von SW nach NO; dieselbe Richtung hat nach ihm das vom Schapbachtal nach der Reinerzau verlaufende Tal. In den Vogesen erstrecken sich die alten Mulden nach BENECKE und VAN WERVEKE von W nach O oder von SW nach NO und zeigen eine reihenförmige Anordnung von S nach N. Eine ähnliche reihenweise Anordnung sollen die Kohlenbecken des französischen Zentralplateaus besitzen und ebenfalls eine Erstreckung ungefähr von SW nach NO. Auch das Saar—Nahebecken und das erzgebirgische sowie das nordsächsische ziehen in dieser Richtung. Dieses auffällige Hervortreten der SW—NO-Richtung, der Streichrichtung des variskischen Gebirgszuges, deutet auf eine Abhängigkeit vom Gebirgsbau, die bei einer marinen Schifffläche nach RICHTHOFEN nicht vorhanden sein dürfte. Die Abhängigkeit der Rotliegendsedimentbecken von dem Bau des variskischen Gebirges, die darin besteht, daß „diese Senken häufig im Streichen der alten Falten gelegen sind und mit tektonischen Mulden zusammenfallen", wird auch von MEINEKE hervorgehoben.[1]) Senken, die mit tektonischen Mulden identisch sind, sind mir nicht bekannt geworden. Die Abtragung des Grundgebirges ist auch da, wo es sich noch hauptsächlich aus Sedimentgesteinen aufbaut, längst bis zur Zerstörung der durch die Faltung geschaffenen Oberflächenformen vorgeschritten. Die Vertiefungen und Erhebungen der neuen Oberfläche, der Abtragungsfläche, sind selbständiger Entstehung und decken sich nicht mehr mit den ursprünglich vorhandenen Mulden und Sätteln. Wohl aber gibt es Senken, die in tektonische Mulden eingeschnitten sind (syklinale Senken), wie das erzgebirgische und nordsächsische Becken[2]), und diesen kommt besondere Bedeutung zu. Offenbar bildeten hier die Mulden die erste Anlage der Senken.

[1]) MEINEKE, Hauptverz. 1910, S. 12 des Dissertationsabdruckes.

[2]) Ob solche Mulden zwischen zwei eigentlichen variskischen Sätteln oder zwei durch Lakkolithe bewirkten Aufwölbungen liegen, ist gleichgültig; es kommt nur darauf an, daß die „tektonische" Oberfläche im Karbon eine muldenförmige Vertiefung zeigte.

Die Formen der ursprünglichen Landoberfläche unmittelbar nach der Faltung, der „tektonischen Oberfläche", kommen in ihnen noch zum Ausdruck. Auch die variskische Orientierung der übrigen, nicht direkt in tektonische Mulden eingeschnittenen Becken ist doch wohl nur als Andeutung und Weiterbildung der durch Faltung, Brüche und Klüftung geschaffenen oder veranlaßten Formen der karbonischen Oberfläche verständlich. So zeigt die permische Abtragungsfläche also offenbare Beziehungen zur tektonischen Oberfläche. Eine marine Abrasionsfläche darf aber in ihrer Gestalt von den Oberflächenformen des abradierten Gebirges nicht abhängig sein.

Wir dürfen nun allerdings auch die Lücken in der Beweisführung, soweit sich diese auf die Form allein stützt, nicht außer acht lassen. Die empirische Basis ist nicht umfassend genug. Wohl sind durch marine Abrasion entstandene kleinere Flächenstücke der Beobachtung zugänglich, aber wir kennen keine Fläche von größerer Ausdehnung, die sicher durch Meeresabrasion entstanden ist. Die Vorstellung, die wir uns von einer solchen machen, gründet sich außer auf Beobachtungen an den verhältnismäßig schmalen Abrasionsterrassen auch auf theoretische Erwägungen, ist also nicht ausschließlich durch Erfahrung gewonnen. Daher begegnen wir auch bei den Morphologen verschiedenen Anschauungen. RICHTHOFEN stellt sich eine solche im wesentlichen als Ebene vor, die nur allenfalls leicht gewellt sein kann, andere scheinen sie sich mehr oder weniger uneben zu denken. Andererseits muß auch unsere Kenntnis der permischen Abtragungsfläche als lückenhaft gelten. Der Hauptteil von ihr ist unter jüngeren Bildungen vergraben oder durch jüngere Abtragung verändert. Zwar lassen sich von ihr gelegentlich einzelne Streifen mit geringerer oder größerer Sicherheit rekonstruieren, aber dies ist erst in geringem Umfange geschehen, und solche werden auch meist nur geringe Breite zeigen. Daher besteht wenig Aussicht, ganze Flußtalsysteme bloßzulegen. Erst wenn dies gelungen wäre, wäre aus der Form der Fläche allein ihr terrestrischer Ursprung mit voller Sicherheit erkennbar. Da dies bis jetzt nicht der Fall ist, so läßt sich dieser Ursprung, wenn wir von der Form allein ausgehen, nur als sehr wahrscheinlich bezeichnen.

Bei terrestrischer Entstehung hätten die höchsten Teile der Fläche lange Zeit unbedeckt an der Erdoberfläche ge-

legen, und es hätte durch die Atmosphärilien eine starke Zersetzung an der Oberfläche des Gebirges hervorgerufen werden müssen. Nun liegt ja reichlich umgelagerter Schutt vor, aber man wird auch, namentlich an den höchsten Teilen, noch den Schutt hier und da an primärer Lagerstätte als permischen Gehängeschutt, und auch Spuren der oberflächlichen Zersetzung an der Grenze des anstehenden Grundgebirges erwarten. Nun ist randliche Zersetzung des sedimentbedeckten Grundgebirges im Gebiete des Odenwaldes zuweilen zu konstatieren, und es ist zu vermuten, daß sie permischen Alters ist.[1]) Aber dies ist nicht sicher festzustellen. Infolge der Nähe der heutigen Erdoberfläche oder des Vorhandenseins wasserführender Klüfte haben jüngere Einwirkungen, oft noch verstärkt durch Gebirgsdruck, stattgefunden, die die Feststellung des Alters der Zersetzung erschweren. Auch die Seltenheit und Mangelhaftigkeit der Aufschlüsse kommt in Betracht. Falsch wäre es, daraus den Schluß zu ziehen, daß eine randliche Zersetzung überhaupt nicht stattgefunden hat. In Albersweiler fällt allerdings der gute Erhaltungszustand der Gneisunterlage des Rotliegenden auf. Die Sedimente des Rotliegenden, insbesondere des Oberrotliegenden, machen durch ihre Zusammensetzung aus dem Material des Untergrundes, sowie, soweit sie nicht später verfestigt wurden, durch lockere und grobe Beschaffenheit oft den Eindruck von Gehängeschutt; aber Schichtung oder Abrollung von Geschieben, auch fremde Gesteinseinschlüsse lassen doch auf Transport schließen. Aus der schwachen Schichtung, die oft nur auf eine Andeutung beschränkt ist, aus dem Mangel einer Sichtung des Materials, aus der scharfkantigen (Tonschieferbreccie von Oberhambach bei Neustadt a. H.) oder schwach gerundeten Beschaffenheit der Bruchstücke, aus dem Erhaltensein auch der wenig widerstandsfähigen Mineralien, aus der überwiegenden oder ausschließlichen Zusammensetzung aus dem Gesteine des Untergrundes (Tonschieferbreccie von Oberhambach; Melaphyr-Gneis-Quarzkonglomerat von Albersweiler bei Landau, Granitarkose von Heidelberg) muß man schließen, daß der Trans-

---

[1]) Siehe SEEBACH, Hauptverz. 1909, S. 113 und SALOMON, Hauptverz. 1909, b), S. 33. Nach mündlicher Mitteilung von Herrn Dr. BRÄUHÄUSER war in Schramberg an einer Stelle anscheinend aus permischer Zeit stammende randliche Zersetzung des Granites zu konstatieren. Mir selbst gelang es nirgendwo derartige Stellen zu beobachten.

port nur kurz und die Bearbeitung unbedeutend war. Die gröberen Bildungen machen im allgemeinen zwar den Eindruck von wässerigen Sedimenten, aber doch eher von einzelnen übereinander geschichteten Schuttströmen als von Absätzen perennierender Bäche, Flüsse oder Seen. Gar nicht transportierter Schutt, also echter permischer Gehängeschutt, ist mir aus dem genannten Gebiete nicht mit Sicherheit bekannt. Die Seltenheit bzw. das Fehlen von aus permischer Zeit stammenden randlichen Zersetzungserscheinungen und von eluvialem Schutt des Grundgebirges erklärt sich vielleicht daraus, daß die zersetzten Materialien im allgemeinen bald durch Wind oder Wasser fortgeführt wurden.

Das Rotliegende von Laufenburg am Südrande des Schwarzwaldes, das in Form von brecciösem bis konglomeratischem Material mit unregelmäßiger Auflagerungsfläche, oft in taschenartigen Vertiefungen dem Gneis aufliegt, soll nach NIGGLI sich „als autochthone Bodenbreccie und Terrarossabildung" zu erkennen geben, „indem Ganggesteinbrocken oft an die Streichrichtung der Gänge gebunden sind. Darüber liegt ein feiner roter Ton".[1])

Nach WEGENER wird eine Rotfärbung karbonischer Schiefer und Sandsteine im Gebiete der unteren Lippe in Westfalen vielfach als lateritartige Verwitterungserscheinung aus der Rotliegendzeit gedeutet.[2])

Nach JOH. WALTHER sollen „in Winkeln und Taschen des ehemaligen Erdbodens noch jetzt die alten Verwitterungsprodukte zu sehen sein"[3]), und zwar sind, wie aus dem Zusammenhange hervorgeht, die Hochebenen des Frankenwaldes und Vogtlandes gemeint. Auch hier soll man die verschiedenartigsten Grundgebirgsgesteine von oben her bis in bestimmte Tiefe „karminrot oder ziegelrot verfärbt" finden, was von WALTHER ebenfalls als eine auf das Rotliegendklima zurückzuführende lateritartige Verwitterung angesehen wird. Diese Auffassung wird aber nicht allgemein geteilt, vielmehr gehen die Meinungen über die Entstehung solcher oberflächlichen Rotfärbungen des Grundgebirges sehr auseinander.

---

[1]) NIGGLI, Hauptverz. 1912, S. 35.
[2]) Nachtrag 1913, S. 60.
[3]) JOH. WALTHER, Hauptverz. 1903, S. 43.

Im nordwestlichen Spessart auf Blatt Langenselbold besteht das Oberrotliegende nach BÜCKING an der Grenze des anstehenden Quarzitglimmerschiefers aus einer Grundgebirgsbreccie, die sich ausschließlich oder vorwiegend aus Quarzitschieferbrocken zusammensetzt, die durch Eisenoxyd mehr oder weniger fest verkittet sind. „Im aufgelösten Zustand ist diese Breccie nur an der intensiven roten Eisenoxydfärbung von dem Quarzitschieferschutt zu unterscheiden." Dasselbe gilt von den Breccien, welche auf Blatt Bieber in der Nähe von Großenhausen das kristallinische Grundgebirge zum Teil bedecken. Sie bestehen „ausschließlich oder vorwiegend aus regellos nebeneinander gelagerten", durch Eisenoxyd mehr oder weniger fest verkitteten Quarzitschieferbrocken.[1])

Vom Thüringer Wald werden ebenfalls Trümmergesteine des Rotliegenden beschrieben, die verfestigten permischen Gehängeschutt, der entweder gar nicht oder nur auf kurze Strecke transportiert wurde, darzustellen scheinen. Dazu gehören u. a. Breccien an der Basis des unteren und mittleren Rotliegenden auf dem Gebiete des Blattes Masserberg. So ist bei Masserberg und an anderen Stellen eine „Lage von Schieferbreccie, aus gar nicht oder nur wenig abgerundeten Schiefertrümmern bestehend und den Schichtköpfen des Kambriums unmittelbar aufgelagert", die unterste zum Rotliegenden gehörende Stufe. Eine ähnliche Bildung stellen aus granitischem Detritus gebildete Arkosegesteine dar, die auf Blatt Ilmenau noch häufiger als auf Blatt Masserberg vorkommen.[2]) Weiter östlich von dem Ort Masserberg greift das mittlere Rotliegende auf kambrische Schiefer über. Das Trümmergestein an der Basis des Rotliegenden nimmt hier an mehreren Stellen den Charakter einer förmlichen Breccie an. Das Material ist so gut wie ausschließlich dem Schiefergebirge entnommen. In diesem Falle sieht es aus, „als ob das zerbrochene Schiefermaterial ohne weiteren Transport wieder verfestigt worden sei. Zahlreiche, oft sehr große Schieferschollen sind aufrecht stehend, schräg oder wagrecht liegend, in der Gesteinsmasse eingebettet; die kleineren und kleinsten Trümmer, welche lückenlos die Zwischenräume der größeren erfüllen, mögen hier aus dem fortgesetzten Zerbrechen

---

[1]) H. BÜCKING, Nachtrag 1891, a), S. 17, und 1891, b), S. 27.
[2]) H. LORETZ, Nachtrag 1906, S. 28.

und Zerdrücken der größeren und großen hervorgegangen sein, in der Art, daß das Ganze unter starker Pressung stand und durch diese schließlich wieder so fest wurde, daß es wie aus einem Guß dasteht. . . Schichtung scheint manchmal ganz zu fehlen, das Aussehen wird dann massig, die Zerklüftung unregelmäßig; weiterhin stellen sich Andeutungen von Schichtung ein."[1]) Auf dem südlich benachbarten Blatte Eisfeld bestehen die untersten Bänke eines Konglomerates, das das kambrische Grundgebirge bedeckt und von diesem schwierig abzugrenzen ist, an verschiedenen Stellen „aus Schieferbrocken, welche keine Spur von Rundung zeigen und nur fest zusammengepreßt sind" (von mir gesperrt: der Verf.).[2]) LORETZ ist geneigt, diese Schieferbreccien als ausschließliche Wirkung einer Pressung, also als Ruschelzonen aufzufassen.[3]) Dagegen dürfte aber doch ihr flächenhaftes Auftreten in fast horizontaler Richtung und an der Oberfläche des Grundgebirges sprechen.

Diese Beispiele lassen sich wohl noch aus den verschiedensten Rotliegendgebieten beliebig vermehren.[4]) So finden sich im Rotliegenden von Mähren, nördlich von Brünn, nach v. TAUSCH an der Basis Breccien, die echten permischen Gehängeschutt darstellen dürften.[5]) „Interessant sind die Aufschlüsse westlich von Friedrichsdorf. Hier tritt . . . zwischen den Liegendgneisen, die hier auskeilen, und den Hangendkonglomeraten der Rotliegendformation eine Zwischenlage von ungefähr 1 m Breite auf, welche aus eckigen Bruchstücken von Gneis besteht, die im allgemeinen in Größe und Gestalt unseren Ziegeln gleichen, und durch ein toniges rotes Zement verbunden sind." Auch noch andere ähnliche Vorkommnisse werden angeführt, z. B. Schiefer, die bei genauerem Zusehen aus lauter größeren und kleineren eckigen Bruchstücken des liegenden Phyllites bestehen, die durch ein toniges, zuweilen rötlich gefärbtes Zement verbunden sind, das wiederum ungemein kleine Bestandteile des Phyllites enthält; an anderer Stelle ausschließlich eckig-kantige, ganz unregelmäßig geformte Bruchstücke vom Liegenden, einem kristallinischen Kalke, durch roten Ton verbunden (S. 364). Unmittelbar an der Ostgrenze des Vorkommens der Rotliegend-

[1]) H. LORETZ, a. a. O., S. 35.

[2]) H. LORETZ, Nachtrag 1885, S. 22.

[3]) H. LORETZ, Nachtrag 1906, S. 75.

[4]) Siehe S. 243, Zus. 7.

[5]) v. TAUSCH, Hauptverz. 1886.

formation südlich Czernahora findet sich eine eigentümliche „Zwischenbildung zwischen den Gesteinen der Brünner Eruptivmasse und den typischen Sandsteinen, Konglomeraten und Schiefern der Dyas". Man könnte sie „bei flüchtiger Beobachtung als einen sehr zersetzten, schiefrigen Bestandteil der Brünner Eruptivmasse, welche durch ein rötlichgraues, weiches, tonigeckigen Bruchstücken des schiefrigen Bestandteiles der Brünner Eruptivmasse, welche durch ein rötlichgraues, weiches, tonigschiefriges Zement verbunden sind". „Es bilden also hier Bruchstücke eines Gesteines aus der Brünner Eruptivmasse Bestandteile von Rotliegendablagerungen" (S. 366). Die Schichtungslosigkeit dieser Bildungen ist nach der Beschreibung sehr wahrscheinlich, eine ausdrückliche Angabe darüber wäre aber doch sehr erwünscht. Daß diese und auch die oben geschilderten Schuttanhäufungen von der Meeresbrandung geschaffen worden sind, ist nicht glaubhaft. Es müßte schon eine sehr schwache Brandung gewesen sein, die nicht einmal imstande war, das Material etwas zu sichten und abzurunden. Eine solche wäre aber zur Zerstörung eines Gebirges erst recht unfähig gewesen. Dies führt uns dazu, auch bei den übrigen Sedimenten, in denen zerstörtes Material von Grundgebirge enthalten ist, nach dem marinen oder terrestrischen Ursprung zu fragen.

Das Oberkarbon enthält nur wenige marine Einschaltungen; der nichtmarine Charakter der übrigen, weit überwiegenden Bildungen ist durch Tier- und Pflanzenreste bezeugt. Die Steinkohlenbecken mit marinen Einschaltungen, die sogenannten paralischen, finden sich nur in der nördlichen Randzone des variskischen Gebirges. Die im Innern gelegenen Karbonbecken enthalten nur terrestrische Sedimente. Auch das Rotliegende enthält bei stellenweise 1000 m weit überschreitender Mächtigkeit keine einzige sicher marine Tierform, denn die heutigen Verwandten der Anthracosien und Ganoiden, die als marin etwa in Frage kämen, leben im Süßwasser; dagegen finden sich zahlreiche Süßwasserformen. Es sei erinnert an die Stegocephalenreste in den Lebacher Schichten des Rotliegenden im Saar—Nahebecken, in den Plattenkalken der Söterner Schichten des Rotliegenden am Nordrande des Odenwaldes[1]), in den Tholeyer Schichten der Wetterau (hier auch Süßwasserkrebse)[2]), im Unterrotliegenden des

[1]) Klemm, Hauptverz. 1901 u. 1904; ferner v. Reinach, Hauptverz. 1890.
[2]) v. Reinach, Hauptverz. 1892, S. 14 u. 22.

Thüringer Waldes (Gehrener Schichten)[1], im Mittelrotliegenden des Döhlener Beckens (Niederhäßlich), im Rotliegenden der Goldberg-Löwenberger Mulde bei Löwenberg[2]), im Mittelrotliegenden des Waldenburger Beckens (Ruppersdorfer Kalke am Ölberg bei Braunau und von Ruppersdorf, ferner bei Neurode)[3]) und im Perm von Trautenau.[4]) Sämtliche Muscheln aus den limnischen Karbon- und echten Rotliegendschichten aus dem Gebiet der Saar und Nahe sind Süßwassertiere.[5]) Durch Anhäufung von Pflanzenresten entstanden Kohlenflöze, so in Thüringen und im Döhlener Becken. Auch im mächtig entwickelten Perm von Böhmen findet sich nach KATZER[6]) keine einzige marine Form, dagegen zahlreiche Süßwasserformen: Arthropoden (Estherin, Blattina, Flügel von Orthopteren, Skorpione, Myriopoden) und Stegocephalen.

Im Oberrotliegenden fehlen allerdings tierische Reste als Zeugen seiner Entstehung, aber eine Reihe von Umständen spricht nicht gerade zugunsten der Auffassung, daß das Oberrotliegende im ganzen eine marine Strandbildung und in der tiefsten Stufe ein Brandungskonglomerat darstelle. Dazu gehören der Mangel an tierischen Resten überhaupt, also auch an solchen von Meerestieren, sowohl in den Konglomeraten, als auch insbesondere in den eingeschlossenen Dolomiten und dolomitischen Sandsteinen; die grobsandige Beschaffenheit der letzteren, die starken Mächtigkeitsschwankungen auf kurze Entfernung, die unvollständige Rundung der Geschiebe in den Konglomeraten und das Vorkommen von Windkantern. Windgeschiebe wurden gefunden von MARTIN SCHMIDT im Oberrotliegenden von Schramberg im Schwarzwalde, von W. SALOMON im Oberrotliegenden von Baden-Baden, von F. MEINEKE im Oberrotliegenden von Mansfeld, vom Kyffhäuser und von der Umgebung von Eisfeld.[7])

Nicht nur für das Oberrotliegende, sondern für das Rotliegende überhaupt sind außerordentliche Mächtigkeitsschwan-

[1]) Über Funde von Süßwassermuscheln (Anthracosien) und Insektenflügeln siehe WALTHER, Hauptverz. 1903, S. 48.

[2]) GÜRICH, Nachtrag 1900, S. 28 u. 29.

[3]) E. DATHE, Hauptverz. 1900 und GÜRICH, a. a. O., S. 98.

[4]) PETRASCHEK, Hauptverz. 1906, S. 380.

[5]) A. SCHMIDT, Hauptverz. 1906, S. 37.

[6]) KATZER, Geologie von Böhmen.

[7]) MARTIN SCHMIDT, Hauptverz. 1906, S. 28—29; W. SALOMON, Hauptverz. 1911, b), S. 41—42; F. MEINEKE, Hauptverz. 1910, S. 7 u. 13 des Dissertationsabdruckes. Siehe auch S. 243, Zus. 8.

kungen überall charakteristisch. In den großen Becken schwellen die Sedimente auf viele hundert Meter, ja bis über 2000 m an, wie im Saar—Nahebecken, im Thüringer Wald, im Waldenburger Becken, in der bayrischen Oberpfalz; unweit davon sinken sie auf wenige Meter herab oder keilen ganz aus, wie im Odenwald, Spessart und Pfälzerwald oder in Ostthüringen. Dies gilt vom Rotliegenden als Ganzem wie von allen Stufen desselben.

Infolge des fortwährenden horizontalen Gesteinswechsels, der geringen horizontalen Verbreitung, also der lokalen Natur der einzelnen Lagen begegnet die Parallelisierung der Sedimente getrennter Rotliegendbecken großen Schwierigkeiten.[1]) Während sie sich bei typischen marinen Schichten oft für einzelne Bänke durchführen läßt, ist sie hier auf die großen Abteilungen beschränkt.

In den verschiedensten Gegenden wurden die Forscher durch die Einzeluntersuchung zu der Auffassung, daß das Rotliegende eine terrestrische Bildung sei, geführt, so E. W. Benecke und L. van Werveke für das Gebiet der Vogesen. Sie glauben, daß nicht nur in diesen und in anderen deutschen Mittelgebirgen, sondern in einem sehr großen Teile Europas die Zeit der produktiven Kohlenformation und des Rotliegenden den gleichen Charakter getragen habe: In den höheren Regionen erfolgte die Zerstörung des Gebirges durch die Atmosphärilien, und die Zerstörungsprodukte sammelten sich in den tieferen Becken. Das Relief des variskischen Gebirges wurde durch die Erosion während und besonders nach der Faltung umgestaltet.[2])

Auch von Thüringerwald-Geologen wird die terrestrische Bildungsweise des Rotliegenden mit großer Bestimmtheit angenommen. „Gesteine und Fossilien sprechen dafür, daß es eine Festlands- und Süßwasserbildung war, an der die Meereswogen keine ausebnende Mitwirkung hatten“[3]) (von mir gesperrt: der Verf.). Die Rotliegendschichten sind „örtlich beschränkte Süßwasserbildungen“[4]) (von mir gesperrt: der Verf.). „Die hieher (d. h. zum Rotliegenden: der Verf.) gehörenden Schichten sind nicht im Meere, sondern auf dem Festland, in Strömen und Süßwasserbecken von verhältnismäßig geringem Umfang ge-

---

[1]) Siehe E. W. Benecke und L. van Werveke, Hauptverz. 1890, S. 84f.
[2]) E. W. Benecke und L. van Werveke, Hauptverz. 1890, S. 99.
[3]) E. Zimmermann, Nachtrag 1908, S. 102.
[4]) F. Beyschlag usw., Nachtrag 1908, S. 54.

bildet worden. Hierin liegt ein wesentlicher Grund für das Fehlen weit ausgebreiteter, gleichmäßiger Ablagerungen. Sind manche gleich von vornherein auf kleinen Raum beschränkt geblieben, wechseln andere von Ort zu Ort ihre Gesteinsbeschaffenheit, so sind noch andere bald nach ihrer Bildung wieder ganz oder zum Teil zerstört worden."[1]) So sind manche Bildungen der Gehrener Schichten örtlich beschränkt.[2]) Als Beispiel für Stufen von geringer horizontaler Erstreckung haben namentlich die Manebacher Schichten, die die flözführende Stufe des unteren Rotliegenden im mittleren Thüringer Wald umfassen, zu gelten. „Sie sind wahrscheinlich von vornherein in enger begrenzten, jedenfalls gegenüber der Verbreitung der Gehrener Schichten recht beschränkten Gebieten abgelagert worden."[3])

Von einem Konglomerat der Goldlautererstufe (mittleres Rotliegendes: der Verf.), das vorwiegend Porphyrgerölle führt, wird angegeben, daß die Größe der wohl abgerundeten Gerölle sehr schwankt, daß aber die Gerölle weder nach der Größe, noch nach ihrer petrographischen Natur gesondert sind, sondern regellos durcheinander liegen. Auch zeige das Konglomerat manchmal gar keine Schichtung, höchstens sollen eingeschaltete Schmitzen von Sandstein oder grandigem Material eine grobe Bankung andeuten.[4]) Dem Schwalbensteinkonglomerat des Oberrotliegenden auf Blatt Ilmenau (Tambacher Schichten) ist nach den Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte unvollkommene Rundung und unvollständige Sichtung der Geschiebe, sowie mangelhafte Schichtung eigen. Die eckigen, oft nur kantengerundeten Geschiebe lassen das Gestein breccienartig erscheinen. Der Raum zwischen den Geschieben ist zum Teil leer, nicht durch ein fein zerriebenes Bindemittel ausgefüllt. „So mögen diese Erscheinungen wohl andeuten, daß gewisse Partien von ihm nicht von Wasser zusammengeschwemmt, sondern in Form von G e h ä n g e s c h u t t (von mir gesperrt: der Verf.) zusammengebracht und erst nachträglich überflutet worden sind."[5]) Das „Wartburgkonglomerat" des Oberrotliegenden bei Eisenach ist nach Bornemann „ein grobschüttiges

---

[1]) F. Beyschlag usw., a. a. O., S. 26.
[2]) F. Beyschlag usw., a. a. O., S. 45.
[3]) H. Loretz usw., Nachtrag 1908, S. 60.
[4]) H. Loretz usw., a. a. O., S. 74 u. 75.
[5]) H. Loretz usw., Nachtrag 1908, S. 83.

Haufwerk eckiger Fragmente mit kaum erkennbarer Schichtung. Seine Gemengteile lassen schon bei oberflächlichem Anblick erkennen, daß sie bis zu ihrer Lagerstätte keinen weiten Transport und keine längere Arbeit bewegten Wassers erduldet haben".[1]) Fußgroße Granitblöcke sind im Oberrotliegenden von Eisenach, „in dieser massigen Aufschüttung von vorweltlichem Gebirgsschutt nicht selten, und die eigentümliche Verteilung gleichgroßer Gesteinsfragmente zeigt die Linien unvollkommener Schichtung in der Art eines Schuttdeltas, welches in einem tiefen Binnengewässer abgesetzt wurde".[2]) BORNEMANN gibt die Mächtigkeit des Eisenacher Rotliegenden zu über 3000 Fuß an.

Die hier und auch schon früher angeführten Charakteristika, nämlich die beschränkte horizontale Verbreitung der Stufen und die sich daraus ergebenden Mächtigkeitsschwankungen, der rasche Wechsel der Gesteinsbeschaffenheit nicht nur in vertikaler, sondern auch in horizontaler Richtung, die oft mangelhafte Schichtung, der geringe Grad der Abrundung der Geschiebe in den gröberen Trümmergesteinen sind den Sedimenten des Rotliegenden nicht nur im Thüringer Wald, sondern allenthalben in Deutschland eigen.

So wird für das Rotliegende der Sektion Rochlitz des nordsächsischen Beckens der rasche Gesteins- und Mächtigkeitswechsel folgendermaßen festgestellt: „Ebensowenig wie in ihrer petrographischen Beschaffenheit, zeigen diese Gesteine in ihrer Ablagerungsform irgendwelche Konstanz; wie selbst auf nur kurze Strecken solche Gesteinsbänke abwechselnd lettig, sandsteinartig oder konglomeratähnlich werden, so schwankt auch ihre Mächtigkeit zwischen weiten Grenzen, bis sie sich nicht selten völlig ausheilen."[3]) Nach den Erläuterungen zu Blatt Mansfeld stellte sich bei der Untersuchung des Rotliegenden heraus, „daß in manchem einzelnen Verschiedenheiten wahrnehmbar sind, welche sich in verhältnismäßig kurzen Räumen einstellen, wie es bei anderen Formationen erst in größeren Entfernungen zu geschehen pflegt".[4]) Die neuere Auffassung stellt das Rotliegende hier allerdings fast ganz zum Oberkarbon. Die Porphyrbreccie an der Basis des Oberrotliegenden bei

[1]) J. G. BORNEMANN, Nachtrag 1884, S. 387.

[2]) J. G. BORNEMANN, Nachtrag 1888, S. XLIV. Hier siehe auch Beobachtung von permischen Bachschottern bei Schmerbach.

[3]) A. ROTHPLETZ und E. DATHE, Nachtrag 1877, S. 33.

[4]) E. KAYSER usw., Nachtrag 1884, S. 10.

Halle, nach SCUPIN ein Haufwerk von regellos verteilten, meist kantenbestoßenen Porphyrtrümmern jeder Größe, zeigt so wenig die Merkmale eines Sedimentes, daß sie lange mit Blocklava verwechselt wurde. Sie ist nach SCUPIN durch die mechanische Verwitterung der trockenen Rotliegendzeit entstanden, stellt also Wüstenschutt dar, der nur wenig von der Stelle bewegt worden ist.[1]) Für das niederschlesisch-böhmische Gebiet nimmt DATHE an, daß die Schichten des oberen Karbons sich in einem flachen Süßwasserbecken absetzten. Die Ausfüllung des Beckens wurde in der Rotliegendzeit fortgesetzt, und zwar in der unteren Rotliegendzeit ebenfalls noch durch gröbere, im Mittelrotliegenden dagegen durch feinere Sedimente, die als Absatz eines tieferen Süßwasserbeckens zu betrachten sind.[2])

So sehen wir, daß die Sedimente des deutschen Rotliegenden nicht nur keine Meeresfossilien enthalten, sondern sich auch sonst in vieler Beziehung abweichend verhalten gegenüber ähnlichen unzweifelhaft marinen Sedimenten aus früheren Erdperioden und auch gegenüber den Sedimenten an den heutigen Meeresküsten, namentlich an solchen mit starker Brandung. Dieses Verhalten bestimmte viele Geologen, sie als Landbildungen aufzufassen.

Wir müssen die Lagerungsverhältnisse des Rotliegenden, insbesondere die räumliche Verteilung auf der Abtragungsfläche, noch etwas genauer betrachten. Stellen wir uns vor, daß eine marine Abrasionsfläche in einen immer dicker werdenden Mantel von Zerstörungsprodukten eingehüllt werde. Jede einzelne Lage wird in der Nähe der Küste aus grobem Brandungsgeröll bestehen; mit wachsender Entfernung von der Küste wird das Material immer feiner werden. Außerdem wird jede neugebildete Lage in der Richtung, in der die Abrasion fortschreitet, etwas über die nächstältere hinweggreifen und sich direkt auf die Abrasionsfläche legen; d. h. sie wird transgredieren. Die Transgression jüngerer Stufen über ältere auf Grundgebirge ist nun tatsächlich beim Rotliegenden außerordentlich häufig; auch ist die Verfeinerung des Korns der klastischen Sedimente mit der Entfernung von der oberflächlichen Grundgebirgsgrenze zu beobachten.

Diese Erscheinungen geben uns einen Anhalt zur Feststellung der horizontalen Ablagerungsgrenzen. Durch

---

[1]) SCUPIN, Nachtrag 1913, S. 13.

[2]) E. DATHE, Hauptverz. 1904, c), S. 55; d), S. 26ff.

Verfolgung solcher Grenzen und durch das Studium der Grundgebirgsoberfläche und der Lagerungsverhältnisse überhaupt versuchten wir die Ablagerungsräume des Rotliegenden festzustellen. Für große Gebiete konnte nachgewiesen werden, daß das Rotliegende schon von Anfang an nur die Depressionen der Grundgebirgsoberfläche erfüllte, und daß sich zwischen den einzelnen Ablagerungsbecken Grundgebirgsrücken erhoben, die überhaupt nie von Rotliegendem bedeckt waren, namentlich nicht von den ältesten Rotliegendsedimenten. Diese Vertiefungen des Grundgebirges sind meist erheblich länger als breit, in der Regel flach muldenförmig, zuweilen aber auch schmal und tief wie typische Flußtäler. Die erstere Form zeigen die meisten großen Ablagerungsbecken, so diejenigen des Schwarzwaldes und der Vogesen, das Saar—Nahebecken, das erzgebirgische, nordsächsische und Döhlener Becken. Beispiele für die zweite Form wurden besonders im Schwarzwalde nachgewiesen, und zwar finden wir hier beide Formen kombiniert, indem in die flachen Hauptmulden einzelne tiefere Talrinnen eingeschnitten sind.

Die Tatsache, daß die Rotliegendsedimente meist in langgestreckten Vertiefungen des Grundgebirges zum Absatz gelangten, beweist, daß, wenn sie von einem abradierenden Meer gebildet worden wären, die Brandung nicht überall mit gleicher Geschwindigkeit vorgerückt sein könnte, sondern an einigen Punkten rascher, an anderen langsamer. Das Vordringen könnte nur in Abrasionsbuchten erfolgt sein. Diese müßten ungewöhnlich lang und schmal gewesen sein, so daß sie in ihrer Form eher an Flußtäler erinnern. Nach PHILIPPSON sind die durch Abrasion geschaffenen Buchten „bogenförmig gekrümmt und greifen nicht schärfer als ein Halbkreis in das Land ein; denn tiefer hinein können die Wellen nicht mehr arbeiten, da sie durch die Reibung an den Seitenwänden der Bucht geschwächt werden".[1]) Dieser Forderung genügen die Ablagerungsbecken des Rotliegenden nicht. Auch ist es unmöglich, aus der Anordnung dieser Buchten eine bestimmte Richtung für das Fortschreiten der Abrasion zu erkennen.

Die Grundgebirgsrücken zwischen den Ablagerungsbecken müßten sich während der ganzen Rotliegendzeit als Inseln oder

---

[1]) A. PHILIPPSON, Nachtrag 1904, S. 70.

Halbinseln über den Meeresspiegel erhoben haben, da an den Rändern wohl aller Rotliegendbuchten in der ganzen Zeit irgendeine Art von Abtragung wirksam war und Abtragung nur über dem Meeresniveau oder im Meeresniveau stattfindet. Ja man müßte auch vorübergehende Hebung und Trockenlegung der Buchten selbst annehmen, denn in den verschiedensten Gebieten fanden vor Ablagerung des Oberrotliegenden Hebungen und sogar Faltungen statt und war das ältere Rotliegende selbst der Abtragung ausgesetzt, so insbesondere im Saar—Nahebecken, im Thüringer Wald, am Ostrande des Harzes, im nordsächsischen Becken.

Wenn die Mulden der Grundgebirgsoberfläche marine Abrasionsbuchten darstellen würden, so wäre der Boden der Mulden, soweit er vom Rotliegenden bedeckt ist, eine marine Schliff-fläche, und an den Rändern hätten wir, sofern nicht spätere Abtragung sie zerstört hätte, die steile Felswand, das sogen. Kliff, zu erwarten. Aber wir finden bei der Untersuchung der Grundgebirgsoberfläche weder das eine noch das andere.

Eine marine Abrasionsfläche bildet eine sanft landeinwärts ansteigende Ebene, die in der Regel mit Sedimenten bedeckt sein wird. Die horizontale Verbreitung der einzelnen Sedimentschichten ist infolge des fortwährenden Übergreifens der jüngeren Bildungen über die älteren verschieden groß; die ältesten Sedimente haben die kleinste, die jüngsten die größte Verbreitung. Die horizontalen Ablagerungsgrenzen entfernen sich immer mehr von der Linie, von der die Abrasion ausgegangen ist. Je nach der Form dieser Linie werden sie eine Schar von annähernd parallelen Geraden oder konzentrischen Bögen bilden. Jede dieser Linien stellt eine ehemalige Küstenlinie dar. Die Normale dazu bezeichnet die Richtung des Fortschreitens der Abrasion.

Nehmen wir an, die Abrasion habe bald nach der Aufrichtung der variskischen Falten begonnen und sei vom Rande der Gebirgskette ausgegangen, so müßten wir in einer äußeren Zone oberkarbonische Sedimente auf der Abrasionsfläche lagernd finden. Daran müßte sich eine weitere Zone schließen, in der unteres Rotliegendes die Fläche unmittelbar bedeckt, und in der innersten Zone müßte das jüngste Rotliegende allein auf dem Grundgebirge vorhanden sein. Nun haben wir aber schon im Saar—Nahebecken, im erzgebirgischen Becken, in Böhmen, auch am Südrande der Vogesen, vereinzelt im Schwarzwald

oberkarbonische Sedimente. Das sind aber Gegenden, die nach E. SUESS den inneren Zonen des variskischen Gebirges angehören. Die Grenzschichten des Karbons und Rotliegenden und Sedimente des Unterrotliegenden treffen wir gar allenthalben. Es scheint ganz unmöglich, äußere und innere Zonen zu unterscheiden. Die horizontalen Ablagerungsgrenzen des Unterrotliegenden sollten eine Küste des Rotliegend-Meeres bezeichnen, aber die Rekonstruktion einer solchen Küste ergäbe, sofern sie überhaupt möglich ist, eine sehr komplizierte Linie.

Ein Versuch, aus dem Verlauf einer Küstenlinie die Richtung der fortschreitenden Abrasion festzustellen, müßte an der Unmöglichkeit der Rekonstruktion von solchen scheitern. Wie schon bemerkt, sind die Ablagerungsgrenzen überall buchtenförmig. Die Abrasion müßte also schon im Oberkarbon oder untersten Rotliegenden bis in das Herz des Gebirges vorgedrungen sein in langen, schmalen, vielfach verästelten, fjordartigen Abrasionsbuchten. Das ist doch nicht wahrscheinlich. Es ist schwer vorstellbar, daß die Brandung in den innersten Teilen solcher Buchten noch genügende Stoßkraft zur Abrasion hätte haben sollen. Aber gerade von diesen innersten Teilen aus hätte der Angriff auf den Rest des Gebirges im Oberrotliegenden sich erneuern müssen.

Man kann sich denken, daß durch Einbrüche dem Meere das Eindringen in das Festland gestattet wurde (tektonische Meeresbuchten), aber dafür kämen nur solche Einbrüche in Betracht, die eine oberflächliche Vertiefung erzeugt hätten, welche im Oberkarbon oder unteren Rotliegenden bis unter den Meeresspiegel hinabgereicht und mit dem Meere in Verbindung gestanden hätte, und solche dürften doch nicht häufig genug gewesen sein. So ist gerade der größte Einbruch, der „Saar—Saalegraben", ausschließlich mit terrestrischem Karbon und Rotliegendem erfüllt; das Meer vermochte also nicht in diesen einzudringen. In schmalen Einbruchsbuchten hätte überdies die Brandung ihre abradierende Tätigkeit nicht entfalten können.

Wollte man annehmen, die in den inneren Teilen des variskischen Gebirges vorhandenen oberkarbonischen und älteren rotliegenden Sedimente seien auf dem Lande gebildet worden und das abradierende Meer sei erst später über diese Gegenden hinweggegangen, so wäre die Auflagerungsfläche dieser Sedimente eine terrestrische Abtragungsfläche, und diese müßten,

sofern sie nicht von der Abrasion vollständig abgeräumt wurden, oberflächlich durch dieselbe marine Abrasionsfläche abgeschnitten sein, die auch die Auflagerungsfläche der jüngsten Rotliegendsedimente, der Abrasionsprodukte, bildet. Letzteres ist aber nirgends beobachtet worden. Das Oberrotliegende liegt zwar häufig diskordant auf dem unteren, aber seine Auflagerungsfläche scheint doch überall festländische Formen zu haben. Daher müssen wir auch eine nicht schon unmittelbar nach der Faltung, sondern erst später, etwa in der Zeit des Rotliegenden, einsetzende, vom Rande des Gebirges ausgehende Meeresabrasion ablehnen.

Die paralischen Steinkohlenbecken Englands, Belgiens, des Niederrheins und Oberschlesiens folgen ungefähr dem Nordrande des variskischen Gebirges, während die limnischen, so das Saar—Nahebecken, die von Sachsen, Böhmen, Niederschlesien und andere im Inneren des Gebirges liegen. Reste marinen Oberkarbons finden wir in Süd- und Osteuropa. Daraus geht hervor, daß die Meeresküste den Rändern des Gebirges folgte. Man kann sich denken, daß später ein Teil des Gebirges ohne Abrasion entweder durch Einbruch oder kontinentale Senkung unter den Meeresspiegel tauchte und so eine Küstenlinie entstand, die das gefaltete Gebiet durchschnitt, und daß von einer solchen, das Gebirge kreuzenden Küste die Abrasion ausgegangen sein könnte. Auf der Abrasionsfläche würden wir die Produkte der Abrasion abgelagert finden. Sie müßten im abradierten Gebiet auch in diesem Falle konzentrische Anordnung der horizontalen Ablagerungsgrenzen zeigen, und letztere müßten die Rekonstruktion der Küstenlinie gestatten. Bei einem sehr komplizierten Verlaufe von dieser könnte eine Rekonstruktion allerdings schwierig werden, aber in einem solchen Falle dürfte der Brandung auch die Kraft gefehlt haben, in den tiefeinschneidenden Buchten zu wirken. Dadurch hätte die Bruch- oder Ingressionsküste bald eine einfachere Gestalt annehmen müssen. Erst wenn dies geschehen wäre, hätte die Abrasion auf der ganzen Linie weiter vorschreiten können. Die Ablagerungsgrenzen müßten von da an dieselbe einfache Form zeigen, die die Küste durch die Abrasion angenommen hätte. Etwaige nicht vollständig abradierte ältere Ablagerungen terrestrischer Art müßten ebenfalls durch die Abrasion abgeschnitten werden. Im unter-

getauchten Teile wäre die Auflagerungsfläche der ungefalteten Sedimente mit Ausnahme einzelner aus dem Meere aufragender Inseln, an denen die Abrasion auch wirken könnte, eine Landoberfläche, die einen anderen Charakter haben müßte als die marine Abrasionsfläche im abradierten Gebiete. Wir finden aber das variskische Gebirge überall von einer gleichartigen Rumpffläche einheitlichen Charakters abgeschnitten. Auch die anderen Schlußfolgerungen, die aus dieser Annahme sich ergeben, werden durch die Beobachtung nicht bestätigt.

Nun fanden allerdings im Laufe des Perms bedeutende Verschiebungen in der Erdrinde statt. Durch diese Gebirgsbewegungen wurde die Abtragung neu belebt, und dadurch konnten die ursprünglichen horizontalen Ablagerungsgrenzen verwischt werden. Im beschreibenden Teile der Arbeit sahen wir, daß dies mancherorts der Fall war, so beim älteren Rotliegenden des Thüringer Waldes, aber wir sahen auch, daß sich in vielen Fällen die ursprünglichen Ablagerungsgrenzen an den Rändern der Rotliegendbecken noch nachweisen lassen, und diese Fälle reichen zur Entscheidung der im Vorstehenden erörterten Fragen vollständig aus.

Abtragungsfläche und Sedimentdecke können durch denselben Vorgang entstanden sein, wenn z. B. die Abtragungsfläche eine marine Abrasionsfläche ist und die Sedimente die Abrasionsprodukte darstellen, oder wenn die Abtragungsfläche und die Sedimente durch subaerische Abtragung entstanden sind. Sie können aber auch durch verschiedene Vorgänge entstanden gedacht werden; so könnten die Abtragungsfläche terrestrisch und die Sedimentdecke marin sein oder umgekehrt.

Über die permische Abtragungsfläche und die Sedimente des Rotliegenden herrschte im Anschlusse an RICHTHOFEN jahrzehntelang die erstgenannte Auffassung, und auch heute noch zählt diese viele Anhänger unter den Geologen. Ich glaube aber dargetan zu haben, daß sie in den tatsächlichen Verhältnissen wenig begründet ist. Sie ist auch schon wohl von der Mehrzahl der Forscher aufgegeben worden.

Der Fall, daß die Fläche terrestrisch und die Sedimentdecke marin ist, würde vorliegen, wenn etwa die Landoberfläche ohne Abrasion vom Meere überflutet und mit Sedimenten bedeckt worden wäre (Transgression ohne Abrasion, nach RICHTHOFEN auch Ingres-

sion[1]) genannt). Die terrestrischen Zerstörungsprodukte müßten vor der Überflutung in größere Ferne, etwa in das Vorland des variskischen Gebirges, transportiert und dort abgelagert worden sein. Die Sedimente des Karbons und Rotliegenden wären nach dieser Auffassung im Meere abgelagert. Oben wurde aber schon festgestellt, daß diese zum Teil sicher, zum Teil sehr wahrscheinlich auf dem Lande gebildet worden sind. Auch könnte die Senkung unter den Meeresspiegel nur einen geringen Betrag erreicht haben und nur unvollständig gewesen sein, denn nur die Vertiefungen des Grundgebirges sind von Sedimenten erfüllt, und an den Rändern der Becken wirkte im ganzen Rotliegenden die Abtragung. Den Abtragungsschutt finden wir hier zuweilen ohne Spuren eines Transportes als verfestigten Gehängeschutt vor. Die höchsten Erhebungen der Landoberfläche müßten demnach als Inseln aus dem Meere herausgeragt haben, d. h. Mitteleuropa könnte höchstens einen Archipel dargestellt haben. Vorübergehend müßte sich sogar das Meer vollständig zurückgezogen haben, denn wir finden die Sedimente des Karbons und des älteren Rotliegenden vor der Ablagerung jüngerer Sedimente manchmal teilweise zerstört. Auch dürfte es schwierig sein, für das Übergreifen der Schichten und die Zunahme der Korngröße bei den Sedimenten irgend eine konstante Richtung nachzuweisen, was bei einer in bestimmter Richtung vordringenden Transgression des Meeres möglich sein müßte.

Wenn umgekehrt die permische Abtragungsfläche in ihrem jetzigen Zustande durch marine Abrasion entstanden wäre, die Sedimente aber terrestrisch wären, so müßten wir uns vorstellen, daß die Abrasionstrümmer sofort wieder durch Strömungen entfernt worden wären, daß sich dann das Meer zurückgezogen hätte und auf der entblößten Fläche terrestrische Sedimente zur Ablagerung gekommen wären. Wir wissen aber, daß die Fläche eher die Formen einer Landoberfläche als die einer marinen Schliffläche besitzt. Auch ist die Vorstellung von der Entfernung aller Abrasionsprodukte für eine Fläche von solcher Ausdehnung durch Meeresströmungen ungeheuerlich, und eine Abräumung durch ein subaerisches Agens hätte die Fläche zerschneiden müssen. Nur die Vertiefungen finden wir von Sedi-

[1]) v. Richthofen, Nachtrag 1905, S. 248.

menten erfüllt. Das Material dieser Sedimente stammt nun aber nicht etwa aus weiter Entfernung, sondern meist aus der näheren Umgebung und hat nur einen kurzen Weg zurückgelegt, ja es ist zuweilen gar nicht transportiert. Die Erhebungen der Fläche müssen also eine Abtragung erlitten haben. Man müßte annehmen, daß die marine Abrasionsfläche durch Hebung der ganzen Fläche oder einzelner Teile in das Niveau festländischer Abtragung ein unebenes Relief erhielt, bevor sich terrestrische Sedimente auf ihr ablagerten; d. h. die Fläche **könnte** gar nicht unverändert geblieben sein.

Am besten dürfte den Tatsachen die Theorie Rechnung tragen, daß die permische Abtragungsfläche durch festländische Abtragung entstanden ist und daß in den Sedimenten des oberen Karbons und Rotliegenden die auf dem Lande abgelagerten Produkte dieser Abtragung vorliegen.

Weitere Möglichkeiten ergeben sich, wenn nicht alle Teile der Abtragungsfläche oder der Sedimentdecke einheitlichen Ursprung hätten, sondern jede oder eine von beiden zum Teil marin, zum Teil terrestrisch wäre. Beide zeigen aber in dem ganzen in Betracht kommenden Gebiete so übereinstimmende Eigenschaften, daß kein Grund besteht, nicht für alle Teile gleiche Entstehung anzunehmen. Am nächstliegenden ist wohl der Fall, daß Sedimente verschiedenen Alters verschiedenen Ursprung haben können. Er wäre gegeben, wenn etwa eine mit festländischen Sedimenten bedeckte terrestrische Abtragungsfläche ohne Abrasion[1]) in das Meer versinken und sich dann mit marinen Sedimenten bedecken würde. So scheinen bei der Betrachtung des Rotliegenden manche Autoren von der Auffassung auszugehen, daß das mit terrestrischem Oberkarbon und Unterrotliegendem bedeckte Grundgebirge, nachdem es am Ende des älteren Rotliegenden in ein höheres Niveau gehoben und der Abtragung ausgesetzt worden war, dann vor Ablagerung des Oberrotliegenden unter den Meeresspiegel versunken sei, und daß in diesem Meere das Oberrotliegende sich abgelagert habe. Das letztere wäre dann durch eine Transgression des Meeres ohne Abrasion (Ingression) entstanden. Der Beweis ist aber nicht erbracht, daß das Ober-

[1]) Die Abrasion einer terrestrischen Fläche mit terrestrischer Sedimentdecke wurde oben (Seite 230) behandelt.

rotliegende eine Meeresablagerung darstellt; vielmehr weist dies eher Merkmale terrestrischer Entstehung auf (siehe oben). Dann ist zu beachten, daß auch das Oberrotliegende, wenn es auch bedeutend weitergreift als das untere, doch an den Rändern der großen Ablagerungsbecken des Rotliegenden auskeilt. Auch verfeinert sich das Korn nach dem Innern dieser Becken, und das Material stammt fast immer von dem Grundgebirge oder den Rotliegendvulkanen der nächsten Umgebung; d. h. wir finden an Stelle des Auskeilens und der Kornzunahme in beständiger Richtung, wie man sie bei einer in bestimmter Richtung vordringenden Meerestransgression erwarten sollte, solche in den verschiedensten Richtungen. Ferner hätte die Überflutung nur unvollständig sein können, da fortwährend an den Rändern auch der Oberrotliegendbecken die Abtragung wirkte, die trennenden Rücken also als Inseln aus dem Meere hätten herausragen müssen.

Mit der Annahme terrestrischer Entstehung der permischen Abtragungsfläche sehen wir uns einem neuen schwierigen Problem gegenübergestellt, der Einebnung eines Faltengebirges von wahrscheinlich bedeutender Höhe durch subaerische Kräfte. Dieser Vorgang wird oft als Abhobelung bezeichnet, was nach meiner Ansicht übertrieben ist, denn die Abtragungsfläche ist recht uneben. Auch die Erdoberfläche, die im allgemeinen nur auf den höchsten Erhebungen vom Grundgebirge, sonst aber von Sedimenten und Laven gebildet wurde, war am Schlusse des Rotliegenden, obschon ebener als die Grundgebirgsoberfläche, doch noch hügelig. Immerhin ist der Gegensatz eines hohen Faltengebirges zu einem einförmigen Hügellande noch gewaltig und die Frage nach den Kräften, die eine derartige Verebnung bewirken können, sehr berechtigt. Wir können uns schon von unsern deutschen Mittelgebirgen nicht vorstellen, daß sie bei dem jetzt herrschenden Klima einmal zu einem solch flachen Hügellande abgetragen werden könnten, geschweige denn von einem Gebirge von Alpenhöhe.

Man kann fragen, wenn die Abrasion nicht durch ein Karbon- oder Rotliegendmeer erfolgt ist, ob sie nicht vielleicht erst durch ein Zechstein- oder Buntsandsteinmeer bewirkt worden sei. Einzelne höher ragende Teile des Grundgebirges werden direkt von Zechstein überlagert, und die Basis des letzteren wird vielerorts von einem Konglomerat gebildet, das sich durch Fossileinschlüsse als marin erweist. Es hat also im

Gebiete der marinen Zechsteinbedeckung an den höheren Teilen des Grundgebirges eine Abrasion durch die Brandung des Zechsteinmeeres stattgefunden. Aber diese Abrasionswirkung kann nach MEINEKE[1]) nur geringfügig gewesen sein, da die Menge des im Zechsteinkonglomerat verarbeiteten Schuttes so überaus gering ist und die Brandung nicht einmal wenige meterhohe Klippen zerstört hat, so daß es ausgeschlossen ist, daß man die Abtragung des Grundgebirges in der Hauptsache dem Zechsteinmeere zuschreiben könnte. Es fand fast durchweg eine ruhige Überflutung, also Transgression, statt. Die Abtragung des Grundgebirges war schon vor dem Eindringen des Zechsteinmeeres in der Hauptsache vollendet, ja schon zu Beginn des Rotliegenden, wie wir aus der Freilegung der Granite vor Ablagerung des Unterrotliegenden erkennen. In dem aus dem Zechsteinmeere aufsteigenden Festlande wurde sie während der Zechsteinzeit fortgesetzt. Eine etwaige Abrasion durch ein Buntsandsteinmeer könnte für die Gestaltung der Abtragungsfläche erst recht nicht mehr von großem Belang gewesen sein, finden wir doch den größten Teil der Fläche schon durch oft mächtige Decken von Karbon und Perm verhüllt. Eine solche käme nur für Gebiete in Frage, in denen das Grundgebirge direkt von Buntsandstein übergelagert ist, in denen also bis zum Schlusse des Perms nur Abtragung herrschte, oder die eine ursprünglich vorhandene permische Sedimentdecke durch Abtragung wieder verloren. Diese stellen aber einen beschränkten Teil der Fläche dar. Außerdem kommt dabei aber noch sehr der Umstand in Betracht, daß nach der Auffassung einer großen Zahl von Geologen der Buntsandstein gar nicht vom Meere abgelagert ist, danach also auch von einer Abrasion durch ein Buntsandsteinmeer nicht die Rede sein kann.

Eine andere Umgehung der Schwierigkeit einer subaerischen Einebnung wäre es, anzunehmen, daß das variskische Gebirge zuerst durch marine Abrasion zu einer ebenen Fläche abgehobelt worden und daß dann die Abrasionsfläche nach dem Rückzuge des Meeres teils durch terrestrische Abtragung, teils durch tektonische Vorgänge zu einer flach hügeligen Landschaft umgestaltet und mit terrestrischen Sedimenten bedeckt worden sei. Dabei ist also eine marine Abrasion zwischen die Aufrichtung

[1]) F. MEINEKE, Hauptverz. 1910, S. 25ff., 28 u. 40 des Dissertationsabdruckes. Siehe oben S. 51.

des Gebirges und die Entstehung der permischen Abtragungsfläche eingeschaltet. Letztere würde nicht mit dem Vorgang der eigentlichen Abtragung der variskischen Falten zusammenfallen. Davon war oben schon die Rede. Wir sahen, daß eine solche Abrasion schon vor der Ablagerung des Oberkarbons hätte erfolgen müssen. Sie ist eine rein gedankliche Hilfskonstruktion ohne jede empirische Basis, da nicht nur die Fläche bis zur Unkenntlichkeit verändert worden wäre, sondern auch die Produkte der Abrasion der Zerstörung anheimgefallen wären. Die Hypothese scheitert aber auch an dem Vorhandensein der „Muldenbecken" (synklinalen Becken) (vgl. oben S. 216), wie des erzgebirgischen und nordsächsischen Beckens, d. h. von solchen muldenförmigen Vertiefungen der Grundgebirgsoberfläche, die in eine variskische Schichtenmulde eingeschnitten sind.[1]) Sie deuten an, daß die Gestaltung der permischen Rumpffläche an die durch die Aufrichtung entstandene Oberfläche, die „tektonische" Oberfläche, anknüpfte, was bei Einschaltung einer marinen Abrasion nicht der Fall sein dürfte. Daraus ergibt sich, daß die Entstehung der Rumpffläche mit der Abtragung der variskischen Falten identisch und die Einschaltung einer marinen Abrasion unzulässig ist.

Die Herkunft der Geschiebe der karbonischen und rotliegenden Konglomerate gestattet ebenfalls einen Rückschluß auf die Art der Abtragung. Eine hauptsächlich in vertikaler Richtung arbeitende Abtragung wird zuerst Fragmente der höchsten Partien und erst später solche der tieferen zur Ablagerung bringen. So fehlen in den Konglomeraten des Karbons im erzgebirgischen Becken nach Credner die Granulitgeschiebe, also die Trümmer des granulitischen Kerns des sächsischen Mittelgebirges, noch vollständig; es finden sich nur die Gesteine des Sedimentmantels. Daraus geht hervor, daß die Abtragung des mittelsächsischen Sattels im Karbon noch nicht bis zum innersten Kern vorgedrungen war.[2]) Es wäre wichtig, ähnliche Beispiele aus anderen Gegenden zu kennen. Sie würden beweisen, daß die Abtragung vertikal gearbeitet hat, also terrestrischer Art war, denn ein abradierendes Meer schneidet horizontal ein und hätte schon von Anfang an die Tiefengesteine im Kern des Gebirges anschneiden müssen.

---

[1]) Siehe Anmerkung 2, S. 216.

[2]) H. Credner, Hauptverz. 1880, S. 96 u. 108.

Ich vermesse mich nicht, das Problem der subaërischen Einebnung eines Faltengebirges hier zu lösen, erklärt doch ein Morphologe von der Bedeutung HETTNERS: „Wenn wir ehrlich sein wollen, müssen wir uns gestehen, daß uns die Bildungsweise der Rumpfflächen weder bei der Annahme mariner, noch bei der Annahme festländischer Entstehung ganz klar ist".[1]) Ich beschränke mich darauf, auf die klimatischen Verhältnisse der Rotliegendzeit in Deutschland hinzuweisen. Sie geben uns insofern einen Schlüssel zur Lösung der Aufgabe, als unter ihrer Wirkung die Bildung der Rumpffläche begreiflicher erscheint als unter der eines feuchten, gemäßigten Klimas. Für das obere Karbon wird allgemein ein feuchtes Klima angenommen. Nach FRECH sollen allerdings Klimaunterschiede bestanden haben. Die rote oder flözleere Sandsteinfazies im Waldenburger-, Saar—Nahe- und anderen Becken soll „auf Trockenheit oder höhere Wärmegrade" hinweisen. Wir hätten also danach für das Innere des variskischen Gebirges schon im Karbon mit einem trockeneren Klima zu rechnen, während im Gebiete der paralischen Flöze, also am Gebirgsrande, das Klima gleichmäßig feucht, ozeanisch war.[2]) Gewichtige Gründe sprechen gegen ein feuchtes Klima während des Rotliegenden in Deutschland. Den Konglomeraten und Breccien des Rotliegenden fehlen meist die Merkmale echt fluviatiler Bildungen, wie deutliche Schichtung und vollkommene Abrollung der Geschiebe. Die unvollständige Rundung der letzteren und die Führung weicher Mineralien weist auf kurzen Transport hin; die Erhaltung chemisch relativ wenig widerstandsfähiger Mineralien, wie der Feldspäte, deutet an, daß die chemische Verwitterung zugunsten der mechanischen zurücktrat. In einem feuchten Klima hätte erstere energischer wirken müssen. Das Sickerwasser hätte unmittelbar und mittelbar durch die von ihm hervorgebrachte Pflanzendecke zersetzend wirken müssen. Schon daraus müßte man auf eine schwache Entwicklung der Vegetation schließen; tatsächlich zeigt die Flora des Rotliegenden einen Rückgang gegenüber der karbonischen. Besonders arm an Arten sowohl wie an Individuen war die Flora des Oberrotliegenden. Auch die Dürftigkeit der Fauna des Rotliegenden, speziell des Oberrotliegenden, kann durch die Trockenheit des Klimas mit bedingt sein, da diese für das Tierleben oder

[1]) A. HETTNER, Nachtrag 1913, S. 189.
[2]) F. FRECH, Nachtrag 1911, S. 28.

die Erhaltung tierischer Reste ungünstig war. Die intensive Rotfärbung der Gesteine, insbesondere des Oberrotliegenden, muß wohl auf Grund des horizontal ausgedehnten Vorkommens als primär angesehen werden. Das die Rotfärbung bewirkende Eisenoxyd hätte sich in feuchter Luft in Eisenhydrat verwandeln müssen, wie es bei der Verwitterung der Rotliegendgesteine unter dem Einflusse des heutigen feuchten Klimas geschieht. Auch wenn die rote Farbe durch die Aufbereitung rotgefärbter Gesteine entstanden wäre, hätte die Verwandlung bei feuchtem Klima erfolgen müssen, und zwar bei der Verwitterung dieser Gesteine. Auch darin erblicken wir ein Anzeichen eines trockenen Klimas.

Viele Geologen gehen noch weiter und nehmen ein Wüstenklima an. Wir haben aber Hinweise, daß das Wasser nicht ganz gefehlt hat. Die Schichtung der Sedimente ist wohl in der Regel mangelhaft, bisweilen aber auch vollkommen. Sedimente ohne jegliche Schichtung sind sehr selten. Die Abrollung der Geschiebe ist, wenn auch unvollkommen, doch bei den zahlreichen Geröllablagerungen meist vorhanden. Das heißt, das meiste klastische Material weist Anzeichen eines Transportes auf. Als transportierende Kraft kommt aber bei den gröberen Bildungen nur fließendes Wasser in Betracht. Die Schichtung der groben Sedimente deutet auf Ablagerung im Wasser. Feinere Sedimente können in größeren Süßwasserseen zur Ablagerung gelangt sein. Durch Gleitbewegungen des Verwitterungsschuttes allein, ohne Mitwirkung von Wasser hätten sich weder die Konglomerate noch alle Breccien des Rotliegenden bilden können. Die Abtragung war also nicht nur äolisch, auch nicht im Oberrotliegenden trotz gelegentlicher Funde von Windkantern. Wohl kann die Deflation in den höheren Lagen Kieswüsten erzeugt haben, besonders im Oberrotliegenden, aber am Transport des Schuttes nach den Niederungen nahm auch das fließende Wasser teil. Dabei wird es auch Täler erodiert haben. Daß auch einzelne flache Rinnen der Grundgebirgsoberfläche vom Winde ausgeblasen wurden, halte ich nicht für unwahrscheinlich. Reste von Pflanzen, die im Unterrotliegenden noch relativ häufig sind und auch im Oberrotliegenden nicht fehlen, beweisen das zeitweise Vorhandensein von Bodenfeuchtigkeit. Selbst im Oberrotliegenden kann nicht dauernd Wüstenklima geherrscht haben. Es sei auf den gelegentlich angetroffenen Reichtum an fossilen Hölzern, z. B. im Oberrotliegenden des Kyffhäusers, verwiesen.

Es bleibt also nur ein Klima mit wechselnden Trocken- und Regenzeiten übrig, und zwar werden wir zum besseren Verständnis der intensiven mechanischen Verwitterung den Trockenzeiten längere Dauer zuschreiben als den Regenzeiten. Lange Trockenzeiten wurden durch kurze Regenzeiten abgelöst. Wegen der intensiveren Rotfärbung, der größeren Armut an Pflanzen- und Tierresten und der großen horizontalen Ausdehnung des Grundgebirgschuttes in Gestalt einer dünnen Decke, darf man annehmen, daß die Trockenzeiten im Oberrotliegenden besonders lange Dauer hatten. Es liegt nahe, an ein periodisch, jahreszeitlich trockenes Klima zu denken, aber wir haben keine sicheren Anzeichen dafür, ob der Wechsel von trockenen und pluvialen Zeiten in regelmäßiger oder unregelmäßiger Weise erfolgte.

In den langen Trockenzeiten schuf die mechanische Verwitterung eine dünne, aber sehr ausgedehnte Schuttdecke, die vom Winde vielleicht in eine Kieswüste verwandelt wurde; in den kurzen Regenzeiten wurde der Schutt der Kieswüsten in die Mulden hinabgespült. Zum großen, vielleicht überwiegenden Teil geschah dies durch Regenfluten, sogenannte Eintagsflüsse, die keinem bestimmten Bette folgten. Daneben mögen in der regenlosen Zeit trockenliegende Täler vorhanden gewesen sein, die sich zur Regenzeit immer wieder füllten. Eine Vegetation, die die Höhen vor Abspülung hätte schützen können, war am Ende der Trockenzeiten nicht mehr vorhanden; sie starb während der Trockenzeiten ab und lebte erst wieder im Laufe der feuchten Zeiten auf. Es fehlte eine dauernde Vegetationsdecke. Sichere Anzeichen eines tropischen Klimas fehlen. Doch würde natürlich ein solches die Intensität der mechanischen Verwitterung besonders gut erklären. In einem gemäßigten Klima müßte man entsprechend längere Dauer der Trockenzeiten fordern.

Die Abtragung muß ähnlich vor sich gegangen sein, wie sie nach SAPPER noch heute in den periodisch feuchten Gegenden der Tropen erfolgt. Er schildert diese folgendermaßen: „Von den frostfreien Gegenden der Tropen sind die ständig feuchten die Hauptgebiete der chemischen Verwitterung, die nur periodisch feuchten, durch längere Trockenzeiten ausgezeichneten aber Gebiete vorherrschend mechanischer Verwitterung, denn hier gewinnt die direkte Insolation eine große Bedeutung, besonders da, wo die Trockenzeiten so lange dauernd

sind, daß keine immergrünen Bäume mehr fern vom erreichbaren Grundwasser gedeihen". „Wenn dann am Ende der Trockenzeiten die Regen wieder einsetzen, finden sie an den Berghängen große Massen gelockerten Gesteinsmaterials vor, das sie talabwärts spülen und das die Wasserläufe weitertransportieren, vielfach in Form großer, wandernder Kiesbänke oder feinerer Sandmassen. Diese Abtragung verliert erst an Intensität, wenn die Vegetation, die nach den ersten Regen meist ungewöhnlich rasch auflebt, imstande ist, ihrer Unterlage einen ausgiebigen Schutz zu gewähren; dann pflegt zugleich auch die chemische Verwitterung mehr Raum zu gewinnen."[1]) Die Bedeutung eines Wechsels von „Pluvialzeiten mit erhöhter spülender Arbeit und von Trockenperioden mit intensiver Windwirkung" für die Ausbildung von Rumpfflächen wird auch von F. v. RICHTHOFEN unter Hinweis auf PASSARGES Beobachtungen in der Kalahari hervorgehoben.[2]) J. WALTHER erblickt nicht nur in der lateritartigen Verwitterung des Felsbodens, sondern auch in den Transportkräften analoge Verhältnisse wie in den Tropen. Durch Sonnen- und Windwirkung in der Trockenzeit angehäufte Schuttmassen wurden in der gewitterreichen Regenzeit durch gewaltige tropische Regengüsse in Bewegung gesetzt.[3]) Die Entstehung der permischen Rumpffläche unter der Wirkung eines vorwiegend trockenen Klimas stimmt gut mit der Tatsache überein, daß die ausgedehnteren Rumpfflächen der heutigen Erdoberfläche ebenfalls hauptsächlich Trockengebieten angehören.

Die Einebnung der Erdoberfläche wurde durch den Schutt, den die permischen Vulkane, besonders im Mittelrotliegenden, in so großer Menge lieferten, beschleunigt, durch tektonische Vorgänge aber, und zwar ebenfalls hauptsächlich im mittleren Rotliegenden, unterbrochen und teilweise aufgehoben. Sie war also kein stetiger Prozeß.

In welcher Meereshöhe entstand die permische Rumpffläche? Hätte ein Wüstenklima geherrscht, so ließe sich darüber nichts aussagen. Denn die Abtragung durch ein solches Klima kann in jeder Meereshöhe Rumpfflächen schaffen. Es herrschte aber im Karbon ein feuchtes und auch im Rotliegenden kein vollständig trockenes Klima; der meiste Abtragungsschutt wurde

[1]) CARL SAPPER, Nachtrag 1914, S. 6.
[2]) F. v. RICHTHOFEN, Nachtrag 1905, S. 256.
[3]) J. WALTHER, Hauptverz. 1903, S. 44.

vom Wasser transportiert und im Wasser abgelagert. Im Karbon besaß das Wasser noch so großes Gefälle, daß es den Schutt noch fast überall abzuspülen vermochte, und zwar in ungeheuren Mengen, wie sich u. a. aus der Freilegung der Tiefengesteinskerne bis zum Beginne des Rotliegenden ergibt. Das Meer bespülte den Rand des Gebirges. Daher darf man als Erosionsbasis für die randlichen Gebirgsteile den Meeresspiegel annehmen. Im Inneren wirkte der Spiegel der Aufschüttungsbecken vielfach als solche. Da dieser wohl meist über dem Meeresspiegel lag, hatte hier auch die Erosionsbasis höhere Lage als am Rande. Das Gebirge muß also im Karbon überall eine beträchtliche Meereshöhe gehabt haben. Die Gewässer werden kräftig erodierend gewirkt haben. Wir müssen für diese Zeit die Erosion des fließenden Wassers als einen Hauptfaktor der Abtragung betrachten. Während und namentlich am Ende des Rotliegenden war das Wasser nicht mehr imstande, den Abtragungschutt weit zu transportieren. Wir finden ihn in großer horizontaler Ausdehnung auf dem Grundgebirge ausgebreitet, zuweilen als gar nicht transportierten Gehängeschutt, meist als wässeriges Sediment, unfern vom Ursprungsort abgelagert. Die Erhebung des Gebirges über der Erosionsbasis kann daher nicht mehr bedeutend gewesen sein. Da wo das Wasser in das Meer abfloß, konnte die Meereshöhe nur noch gering sein. Da wir marinem Rotliegenden schon in den Ostalpen begegnen, ist dies für große Gebiete nicht unwahrscheinlich. Wo die Gewässer aber keinen Abfluß nach dem Meere hatten, können wir nur feststellen, daß die Erhebung über die Erosionsbasis oder die Erosionsbasen, etwa den Spiegel eines oder mehrerer, vielleicht ephemerer Gebirgsseen, nicht mehr groß war. Daher trat im Rotliegenden unter den abtragenden Kräften die Erosion gegenüber der Verwitterung und der Wirkung des Windes in den Hintergrund.

Wie schon öfters betont wurde, sind die Formen der Auflagerungsfläche des Rotliegenden auf Grundgebirge relativ flach. Daraus könnte man bei einem Wüstenklima keinen Schluß auf die Höhenlage ziehen, da intensive mechanische Verwitterung und Deflation in jeder Meereshöhe solche Oberflächenformen erzeugen können. Das Klima muß aber zeitweise feucht gewesen sein. Bei größerer Höhe der Erdoberfläche über der Erosionsbasis hätte nun das Wasser nicht nur den Schutt abspülen, sondern auch Furchen erodieren und so die Verflachung wieder teilweise aufheben

müssen. Folglich können wir auch aus dem Fehlen sehr tief eingeschnittener, steiler Erosionsrinnen in der Auflagerungsfläche des Rotliegenden schließen, daß sich das Grundgebirge im Rotliegenden nur noch wenig über die Erosionsbasis erhob, und zwar muß dies schon zu Beginn des Rotliegenden der Fall gewesen sein, da schon die Auflagerungsfläche des ältesten Rotliegenden sanften Charakter hat.

Man könnte versucht sein, das Nachlassen der Transport- und Erosionskraft der Gewässer im Rotliegenden ausschließlich auf zunehmende Trockenheit des Klimas zurückzuführen. Sicher hat diese auch dabei eine Rolle gespielt, namentlich gegen Ende des Rotliegenden. Aber aus der Häufigkeit und Mächtigkeit der wässerigen Sedimente muß man doch wohl auf das gelegentliche Vorhandensein größerer Niederschlagsmengen schließen. Daß diese nicht imstande waren, stärker zu erodieren und den mitgerissenen Schutt weiterzutransportieren, wird man nicht gut anders verstehen können, als durch die Annahme, daß sie rasch an Gefälle verloren und bald die Erosionsbasis erreicht hatten.

Zusätze zu den Anmerkungen.

[1]) S. 17. Über die durch Bohrungen gefundenen, bis über 300 m betragenden Mächtigkeiten des Rotliegenden an verschiedenen Punkten östlich des Schwarzwaldes siehe Eck, Hauptverz. 1887, S. 332, 345, 347.

[2]) S. 26. Die größte Mächtigkeit des oberen Rotliegenden beträgt nach Eck in der Umgebung von Baden-Baden zwischen 200 und 300 m. Die Mächtigkeit des unteren und mittleren Rotliegenden ist nicht genau zu ermitteln. Siehe Eck, Hauptverz. 1892.

[3]) S. 29. Die Mächtigkeit des Oberrotliegenden beträgt nach Wilser in der südwestlichen Schwarzwaldecke mindestens 200 m. Der obere Teil gehört aber vielleicht zum Zechstein. In Rheinfelden wurden 280 m oberes Rotliegendes erbohrt, siehe Wilser, a. a. O., S. 7. Nach SO erfolgt rasches Auskeilen, so daß Buntsandstein auf Gneis zu ruhen kommt. Wilser, Nachtrag 1912, S. 5.

[4]) S. 41. Mächtigkeit des Rotliegenden im Weilertal etwa 300 m; im Breuschtal sehr schwankend, im Mittel einschließlich des Porphyrs vielleicht 400 m, siehe Benecke und van Werveke, a. a. O.

[5]) S. 47. Die Aufschüttung von Oberkarbon und Rotliegendem erreichte an den tiefsten Stellen den enormen Betrag von über 7000 m; siehe u. a. Reinisch, Hauptverz. 1910, S. 35—38.

[6]) S. 86. Die in der Heidelberger Universitätsbibliothek nicht vorhandene Originalarbeit von E. Wüst konnte ich, ebenso wie verschiedene andere Abhandlungen, trotz mehrfacher Bemühungen leider nicht erhalten.

[7]) S. 221. Über granitähnliche Arkosen auf Grundgebirge im Rotliegenden des Schwarzwaldes und der Vogesen, siehe Benecke und van Werveke, Hauptverz. 1890; Wilser, Nachtrag 1912, S. 5.

[8]) S. 223. Auch vom südwestlichen Schwarzwalde beschreibt sie neuerdings Wilser, Nachtrag 1912, S. 6; über Vorkommen im Oberrotliegenden der Vogesen, siehe Benecke und van Werveke, Hauptverz. 1890, S. 66.

Lebenserscheinungen als Maßstab für die Protoplasmastruktur.[1])

Von **Paul Ernst.**

In diesen Verhandlungen haben Ende der 80er und Anfang der 90er Jahre QUINCKE und BÜTSCHLI ihre bedeutungsvollen Anschauungen über die Zelle, ihre Struktur und ihre Bewegung niedergelegt. Durch Einführung physikalischer Gesichtspunkte in die Betrachtungsweise brachten sie einen wesentlichen Fortschritt im Sinne des HELMHOLTZ'schen Ausspruches, daß es das Endziel der Naturwissenschaft sei, sich in Mechanik (d. h. in Stoff und Bewegung) aufzulösen. QUINCKE zeigte, daß mit der Ausbreitung von Öl an der Grenze von Wasser und Luft Bewegungserscheinungen verbunden seien, und benützte diese zur Erklärung der Protoplasmaströmung. BÜTSCHLI sah das Wesen der Protoplasmastruktur in einem schaum- oder wabenähnlichen Bau, indem er sich auf die Ähnlichkeit des optischen Bildes des Protoplasma mit künstlich hergestellten Ölseifenschäumen stützte. Wurde ein Gemisch von Öl mit Pottasche oder Zucker in Wasser gebracht, so wurden feine Wasserteilchen angezogen und im Öl suspendiert. Durch diese Einbettung kleinster Vakuolen in einer homogenen Grundsubstanz wurde diese zu dünnen Lamellen zusammengedrängt. An der Oberfläche stellen sich die Randwaben senkrecht in Gestalt einer Alveolarschicht, eines Alveolarsaumes auf, und ebenso um Einlagerungen oder Vakuolen stellen sie sich radiär. Sie folgen der Zugrichtung in Form von Fibrillen, Streifen und radiären Strahlen. Dadurch, daß der Schaumbau die größte Oberflächenentwicklung zwischen Wand und Wabeninhalt gewährt, ist er zum osmotischen Apparat geeignet, worin

---

[1]) Vortrag, gehalten am 12. Juni 1914 in der Gesamtsitzung des Naturhistorisch-Medizinischen Vereins zu Heidelberg.

jede Schaumkammer einer osmotischen Zelle entspricht. In der Frage, ob das optische Bild eines Netzes einem schwammigen System mit offenen, miteinander verbundenen Lücken und Maschen oder aber einem Wabensystem mit geschlossenen Kammern entspreche, entscheiden physikalische Gründe, nicht optische, da hierzu die Schaumzellen von höchstens 1 μ Durchmesser zu klein sind. Die Analogie mit Ölseifenschäumen führt zur Forderung eines flüssigen (dick- und schwerflüssigen) Aggregatzustandes des Plasma. In den Ecken und Kanten und Knotenpunkten der Wabe sind Körnchen eingelagert, die mit Mohnsamen, Kienruß und Carmin in groben Schäumen nachgeahmt werden konnten, und zwar so, daß sie auch in die Knotenpunkte der Schäume zu liegen kamen. Ähnliches gelang PLATEAU mit Lykopodium. Die Körnchen liegen in den Knotenpunkten, wenn ihre Adhäsion zur Wandmasse größer ist als zum Inhalt, ist aber ihre Adhäsion zum Inhalt größer, so treten sie in die Wabenräume aus. Bei der Voraussetzung eines flüssigen Aggregatzustandes ist ein Netz mit offnen Maschen ein Ding der Unmöglichkeit, weil es durch Oberflächenspannung in Tropfen zerfallen müßte. Es gibt nur zwei Möglichkeiten, entweder Schaum oder Emulsion.

Die Kolloidchemie hat BÜTSCHLIS Werken zugestimmt und rechnet sie zu ihren klassischen Grundlagen. Nach ihr ist der Wabenbau eine mögliche Struktur der Gallerten. Diese, als heterogene zweiphasige Systeme haben je nach der Mischung der Phasen eine Struktur in Form von Tröpfchen, oder aus Tröpfchen zusammengeflossenen Netzen, Maschen oder Waben, die aber nur bei verschiedener Brechung der beiden Phasen in den Bereich der Sichtbarkeit treten. In verdünnten Emulsoiden scheiden sich Tröpfchen der konzentrierten Kolloidphase ab und schweben im Dispersionsmittel, bei höherer Konzentration legen sich die Tröpfchen zum offnen Netzwerk zusammen, nach Art eines Schwammes ohne geschlossene Kugelflächen. In noch konzentrierteren Lösungen treten Tröpfchen des dünneren Dispersionsmittels auf und sind in der geschlossenen Kolloidphase eingebettet wie Honig in Waben. Die Rollen von disperser Phase und Dispersionsmittel sind nun vertauscht („Alternieren der Phasen"). Im ersten Falle haben wir Granulastruktur oder negative Schaumart (schaumartige Emulsion), im zweiten Netz- oder Schwammstruktur, im dritten Wabenstruktur (positive echte Schäume). Die Tröpfchengröße steht im umgekehrten

Verhältnis zur Konzentration. Neben Bütschli verdanken wir diese Tatsachen Quincke und Hardy. Diese Strukturen der Kolloide sind der direkten Beobachtung dadurch zugänglicher gemacht, daß durch Ultramikroskop und Dunkelfeld die Grenze der Sichtbarkeit von $^1/_3$ μ bis zu 4 μμ hinausgerückt worden ist. Dadurch hat sich bekanntlich die Frage nach der Sichtbarkeit der Moleküle erhoben, da z. B. das Stärkemolekül auf 5 μμ berechnet ist.

Vom Jahre 1886 an hat sich unabhängig von diesen Anschauungen die Granulalehre entwickelt, deren Wurzel bis auf Schleiden und Mohl zurückreicht, die aber durch Altmann einen Aufschwung nimmt. Zwar hat auch Bütschli in Bild und Wort jene Granula in den Kanten und Ecken der Schaumwände gewürdigt und den Altmann'schen gleichgestellt, aber in seinen Schlußfolgerungen spielen sie keine bedeutende Rolle und werden wenig beachtet. Dagegen sah nun Altmann in ihnen wesentliche und unentbehrliche Bestandteile der Zelle, Zellorgane, die der Resorption, der Assimilation, dem Wachstum *(omne granulum e granulo)* der Speicherung von Reservestoffen, der Sekretion dienen. Altmann hatte seine Lehre mit allerhand theoretischem Beiwerk beschwert, das ihrer Anerkennung im Wege stand, so die Verkündigung der Granula als Elementarorganismen, die Anschauung, daß die Zelle phylogenetisch als Bioblastenkolonie entstanden sei, auf welchem Wege die ursprünglich freien und selbständigen Autoblasten zu Zellbestandteilen, also Cytoblasten geworden seien, und endlich die gewagte Behauptung, die Vertreter der heute noch freilebenden Autoblasten seien die Mikrokokken. Hier hatte dann auch die abweisende Kritik leichtes Spiel.

Eine Art Wiedergeburt erfuhr die Granulalehre durch die Mitochondrien Bendas, die, zuerst in Samenzellen entdeckt, bald auch in weiblichen Geschlechtszellen nachgewiesen wurden und heute als wichtiger Bestandteil der meisten Zellgattungen der Wirbeltiere und Wirbellosen, ja sogar der Pflanzenzellen gelten, worin wiederum die grundsätzliche Übereinstimmung der Tier- und Pflanzenzelle zum Ausdruck kommt. Nach unserer Überzeugung, die allerdings nicht allgemein geteilt wird, sind Altmanns Granula und vegetative Fäden, Bendas Mitochondrien, Arnolds Plasmasomen und Granula wenn nicht geradezu identisch, doch wesensverwandt und zusammengehörig, und die durch Arnold weiter ausgebaute Granulalehre ist auf dem Umweg der

Mitochondrienforschung, die namentlich auf französischem Boden zu größter Ausdehnung gelangt ist, zu weiterer Verbreitung und neuer Bedeutung gekommen. Aber noch hatte diese Lehre eine sehr schwere Krise zu bestehen. Der Botaniker A. FISCHER ging mit zersetzender Kritik mit allen Protoplasmastrukturen ins Gericht und zeigte, daß man durch allerhand fällende Agentien aus kolloidalen Lösungen die verschiedensten Strukturen wie Globuliten, Granula, Waben, Netze, Gerüste und Gerinnsel erzeugen könne. Doch wie meist hatte die scharfe Kritik nur die gute Wirkung, daß man mit umsichtigeren und vielseitigeren Methoden zu Werke ging, daß man — übrigens nach BÜTSCHLIS und ARNOLDS Vorbild — wieder mehr das frische, womöglich lebende Objekt untersuchte, und unter Ausschluß jeglicher Reagenzien und Fixationen die optischen Hilfsmittel durch das Dunkelfeld bereicherte. So gelang es der Granula- und der Mitochondrienlehre siegreich aus die Krise hervorzugehen.

Eine Protoplasmatheorie, die den Anspruch erhebt, das lebende Plasma zu erklären, muß sich folgerichtig an den Lebenserscheinungen prüfen und messen lassen. Die Lebenserscheinungen sind ihr Maßstab und Wertmesser. Die meisten bisherigen Protoplasmatheorien haben sich zwar mit der Plasmaströmung, nicht aber mit dem Stoffwechsel auseinandergesetzt. Das haben erst ALTMANN und unter seinem Einfluß METZNER und KREHL mit Beziehung auf die Fettresorption getan. Eine Protoplasmatheorie, die das physiologische Bedürfnis befriedigen will, ist zu prüfen auf ihre Leistungsfähigkeit gegenüber dem Zellstoffwechsel, als der Aufnahme, Umsetzung und Abgabe von Stoffen. Besonders wird sich hierzu die Sekretion empfehlen als ein Spezialfall der Stoffabgabe, wobei keine niedrigmolekulären Auswurfstoffe abgegeben werden wie bei der Exkretion, sondern hochmolekuläre Stoffe von altruistischer Bedeutung zum Wohl des Ganzen oder anderer Zellgruppen. Eine solche Dienstleistung für andere ist daher nur bei mehrzelligen Wesen denkbar und fällt als Wertmesser der Protoplasmatheorie bei Protozoen und Eiern weg; somit sind die Anschauungen über die Struktur von Eiern und Protozoen nicht ohne weiteres auf Metazoen zu übertragen.

Die Stoffaufnahme der Zelle setzt ein Wahlvermögen voraus. Damit Zellen sich differenzieren, durch Arbeitsteilung sich unterscheiden, ihren Artcharakter erhalten, bedürfen sie ver-

schiedener Zusammensetzung, also verschiedener Nahrung; demnach müssen sie in der Stoffaufnahme eine Wahl treffen.

Wenn wir dieses Wahlvermögen nicht als Ausfluß eines Zellwillens und Zellbewußtseins betrachten wollen, werden wir versuchen müssen, es in seine Bestandteile (Komponenten) zu zerlegen. Eine solche Analyse des Wahlvermögens ergibt drei wichtige Komponenten: die Membranfunktionen, die dank der kolloidalen Natur der Membranen im physikalisch-chemischen Sinne auf einer ungeheuer mannigfaltigen Veränderlichkeit und Umstimmbarkeit der Membranen beruhen, ferner die Fermente, die, wahrscheinlich ebenfalls Kolloide, als die wichtigsten Reagenzien der Zelle auf ganz bestimmte Stoffe eingestellt sind, so wie der Schlüssel in das Schloß paßt (E. Fischer), und endlich die Adsorption, eine Kategorie der Kolloidchemie, mittelst welcher Konzentrationsverschiebungen an Oberflächen im Sinne der Attraktion, Verdichtung, Kondensation, Polymerisation, Synthese geschehen.

Wichtiger ist für unsere Frage die zweite Phase des Stoffwechsels, die Vorgänge der Umsetzung, Verarbeitung, Speicherung der aufgenommenen Stoffe, denn erst hierbei wird sich eine Beteiligung der Struktur zeigen. Das Nährmaterial dient hier nicht bloß der Umsetzung in andere Energieformen wie bei der Maschine, sondern wird als Baumaterial, zur Ausbesserung und zum Ersatz verwandt. Ein Teil wird gespeichert als Reserve, Spargut, Energiequelle. Von den drei Grundstoffen der Nahrung sind alle, Fette, Kohlenhydrate, Eiweißstoffe auf ihren Spuren in der Zelle verfolgt worden.

An der Zelle wiederholt sich der Vorgang der Fettresorption im Darm. Nicht als Emulsion, sondern aufgespalten, in löslicher Seifenform wird das Fett der Zelle angeboten und von ihr zurückverwandelt in Fett. Dazu sind die Granula berufen, die sich mit den Fettkomponenten beladen und ihre Synthese bewirken. Die wirksame Kraft ist die Adsorption mit ihren Oberflächenkräften. Ist hier Altmann bahnbrechend vorangegangen, so hat besonders Arnold und seine Schule diese vegetativen Funktionen der granulären Bestandteile des Plasma, der Plasmosomen ausgebaut und vertieft. Bei Fütterung von Seife oder Olivenöl bleiben die Grenzsäume der Darmzelle fettfrei, und in den Plasmosomen vollzieht sich die Umsetzung in Fett. Alle möglichen Fettarten wie Ölsäure, Olivenöl, Sahne, Seife, Fettsäuren, fettsaurer Kalk,

Nervenmark, Hammeltalg sind in mannigfachen Versuchsanordnungen allen erdenklichen Zellen wie Nieren-, Leberzellen, Leukocyten, Gefäßendothelien, Gallengangepithelien, KUPFFERS Sternzellen, Pulpazellen der Milz, Herzmuskelfasern angeboten worden mit dem übereinstimmenden Ergebnis der granulären Fettsynthese, d. h. eben der Speicherung der Fettkomponenten in den Plasmosomen und ihre Umwandlung in Fett durch dieselben. Besonders gespannt war man auf die Knorpelzelle, der ja das Fett mangels der Gefäße nicht vom Blut, sondern von der Saftdiffusion zugeführt wird, wo also die Vorstellung von der phagocytären Aufnahme emulgierter Fetttröpfchen niemals paßte. Besonders überzeugend ist die granuläre Synthese in der Niere zu zeigen, die am lebenden Tier mit Seifenlösung durchströmt, in ihren Zellen das Fett granulär aufbaut. Von den Elementen des Blutes sind besonders die eosinophilen Leukocyten, die 2—4% der weißen Blutzellen ausmachen, hervorzuheben, da ihre großen Granula der Fettsynthese fähig sind. Daneben verfügen sie aber über eine gewisse funktionelle Vielseitigkeit, da sie auch Glykogen, Eisen, Pigmente zu speichern vermögen und Träger eines oxydierenden Fermentes sind. Auch zeichnet sich dieses Objekt besonders dadurch aus, daß an ihm die granuläre Grundlage an der frischen, lebenden Zelle, gleichsam vor jeder Aktion, für jedermann sichtbar ist. Übrigens besitzen wir auch für alle andern genannten Zellen eine wertvolle Kontrolle des Granulabildes in der vitalen und supravitalen Färbung, die mit möglichst ungiftigen und chemisch indifferenten Farben angestellt, genau dieselben Granulabilder ergibt wie bei der granulären Fettsynthese; ja man kann bei spärlicher oder beginnender Fettaufnahme in ein und derselben Zelle nebeneinander fettbeladene und mit Methylenblau und Neutralrot gefärbte Granula sehen. Auch bei pathologischer Verfettung, wie wir sie bei der Phosphorvergiftung kennen, entsprechen die Fettkörnchen der Leberzelle den Plasmosomen, und nach der Fettextraktion gewinnt man das unveränderte Leberzellenbild. Der Phosphor stört die innere Atmung der Zelle, somit ist die Fettspeicherung die Folge mangelnder Oxydation und gibt indirekt durch die pathologische Variation einen Begriff von der Verbrennung eines Stoffes von so hohem Verbrennungswert und so hohen Spannkräften wie das Fett.

Was den mikrochemischen und mikrophysikalischen Nachweis des Fettes anbelangt, so haben wir zwei recht zuverlässige Methoden: einmal die Behandlung mit Osmium, die auf der Reduktion des Osmiumtetroxyds durch Fett beruht, und dann die Färbung mit Sudan III oder Scharlach, Diazofarbstoffen, die sich in Fetten lösen. Eine Anzahl weiterer Methoden erlaubt uns die Unterscheidung zwischen eigentlichen Fetten und Lipoiden.

Es liegt auf der Hand, daß das Verständnis der pathologischen Zelle von diesen Vorstellungen den größten Nutzen hat. Wenn auch durch Milchinjektion eine direkte phagocytäre Fettaufnahme durch Leukocyten bewiesen ist, so hat man diesen Vorgang früher überschätzt und auch auf die Fettkörnchenkugeln des Nervensystems, die uns als Zeugen der Zerstörung und des Abbaus wichtig sind, übertragen, während es sich dort auch um granuläre Fettsynthese handelt. Auch bei natürlicher und künstlicher Fettembolie, wobei das Fett in der Blutbahn in die Organe gerät, wird es von Zellen der Umgebung in derselben Weise aufgenommen und weggeschafft. Und ganz ähnlich wie bei Phosphorvergiftung geschieht auch die Fettspeicherung bei herabgesetzter Zelltätigkeit. Unvermögend, das ihr gespendete und ihr zukommende Fett weiter zu verarbeiten, läßt die Zelle es liegen (degenerative Fettinfiltration). Die Synthese des Fettes aus den Komponenten hatten die Granula-Plasmosomen noch besorgt, solange die Zelle gesund war. Und endlich konnten wir in einer Fettgeschwulst (Lipom) mit vielen jugendlichen Lipoblasten die pathologische Anlage der Fettgier dieser Zellen in der Fettbereitung der Granula wieder erkennen und sie in Parallele setzen mit der ersten Fettbildung in den Zellen des embryonalen Fettgewebes. So bewährt sich das pathologische Objekt wieder als die Variation zum Thema.

Von den Kohlehydraten können wir das Glykogen in der Zelle mikrochemisch fassen. Das ist aber unter den Zuckern einer der wichtigsten, weil er als Polysaccharid, mit seinem polymerisierten Molekül sich als ein Reserve- und Sparstoff von hohem Verbrennungswert ausweist. Dazu ist er als ausgesprochenes Kolloid für den Zellstoffwechsel besonders geeignet. Zwar darf unser histologischer Nachweis des Glykogens den Wert einer chemischen Methode nicht beanspruchen,

sondern ist rein empirisch gefunden. Indessen haben wir Mittel der Prüfung und Kontrolle, ein positives im Jodgummi und der Mayerschen Tinte, die allerdings auch bloß empirischen Wert hat, und ein negatives in der Speichelbehandlung, die das Glykogen durch Diastase spaltet. Wenn sie diese Prüfung besteht, so ist die Methode doch ein wertvolles Mittel. In der Knorpelzelle und Leberzelle hat das Glykogen Beziehungen zu Granula und fädigen Verbindungen gezeigt und hinterläßt nach Speichelbehandlung eine Trägersubstanz in granulärer und spongiöser Form. Auch die Glykogen- wie die Fettbilder überraschen durch ihre Ähnlichkeit mit den Ergebnissen vitaler Färbung und jener älteren, fast vergessenen Injektion von indigschwefelsaurem Natron. Aber bei diesen Glykogenfärbungen bekommt man ab und zu Bilder zu Gesicht, die stark an heute viel genannte Zellbestandteile erinnern, wie an Nebenkerne, Phormien, Chromidialapparate, Trophospongien und Sekretkanälchen, und es ist die skeptische Frage wohl berechtigt, ob nicht alle diese „Zellorgane" nur vorübergehende Zustände, gleichsam Augenblicksaufnahmen von Granula- und Mitochondriengruppen im Zustand spezifischer Stoffbefrachtung seien.

Besonders zierlich gelingt der Glykogennachweis in der Faser des Herz- und Skelettmuskels. Da sind ganz isoliert, wenigstens bei geringem Glykogengehalt, die Sarkosomen der Linie I damit geladen, so daß es kaum eine eindrucksvollere Darstellung der Querstreifung des Muskels gibt, als solch ein Glykogenpräparat. Das Merkwürdige aber ist, daß die Oxydasereaktion (Indophenolblau-Synthese) diesen kongruente Bilder gibt. Also sind die Sarkosomen noch Träger einer Oxydase. Auch mit den alten Indigkarminbildern stimmen sie überein. Bei reichlicher Glykogenablagerung verbinden sich die Granula zu Netzen, welche anisotrope Felder einschließen. In der Niere des Frosches kann man nach Dextroseinjektion Glykogen in den Stäbchen der gewundenen Harnkanälchen wiederfinden, die man heute zu den Mitochondrien rechnet. Auch diese Lokalisation stimmt mit den Ergebnissen vitaler Färbung und der Indigoversuche überein. Den Pathologen fesselt die Diabetikerniere, die regelmäßig im Gegensatz zur gesunden Niere in gewissen Kanalabschnitten Glykogentropfen enthält, die im Anfang auch in feingranulärer Anordnung getroffen werden. Gerade

bei der Polymerisation des Zuckers zu Glykogen hat man Grund, an die Wirkung der Adsorption zu denken, die solches durch Oberflächenkräfte vollbringen kann. Der Adsorption als einer Oberflächenwirkung dient aber ein körniges, granuläres Prinzip wie die Plasmosomen, Granula und Mitochondrien besser als irgendein anderes, weil es ihr die größten Oberflächen zur Verfügung stellt.

Das Nahrungseiweiß auf seinen Spuren in der Zelle zu verfolgen, hält schwer. Doch sind Anfänge gemacht mit Caseinfütterung, worauf in der Leber Eiweißtropfen auftreten. Hierzu gehören auch die Dotterplättchen, die aus einem Gemisch von Fett und Albuminaten entstehen und die Aleuronkörner der Pflanzenzelle.

Von unorganischen Stoffen fesselt uns das Eisen, weil wir es mikrochemisch mit der Berlinerblaumethode zuverlässig in der Zelle fassen können. Ein Minimum scheint von den Zellen sehr zähe festgehalten zu werden. Ein Teil geht, ähnlich wie das Fett, durch den *Ductus thoracicus* ins Blut, ein anderer durch die Pfortader in die Leber. Aus Eisensalzen, Nägeln, Drähten, die in den Lymphsack des Frosches oder ins Knochenmark des Warmblüters gebracht werden (exogene Siderosis, ARNOLD) nehmen Leukocyten, Bindegewebszellen, Knochenmarkzellen Eisen auf und lagern es in Form von Granula, Netzen und fädigen Verbindungen. In KUPFFER'schen Zellen, Leber- und Nierenzellen findet man es bei passender Versuchsanordnung in entsprechenden Figuren. Das bekannteste Beispiel für endogene (hämatogene) Siderosis sind die Herzfehlerzellen der Stauungslunge, in denen das aus dem Hämoglobin ausgetretener Blutkörperchen umgewandelte Eisen in zierlichen Körnern, Fäden und Netzen gelagert erscheint. Mit spezifischen Blutgiften (Toluylendiamin) kann man ja Hämosiderosis leicht erzeugen, wobei in erster Linie die KUPFFERschen Zellen zur Eisenaufnahme bereit sind, wie sie auch Fett, Farben, Kollargol, besonders willig aufnehmen. Dann aber kommen auch die Leberzellen daran, und es entwickelt sich, wie bei den anämischen Zuständen des Menschen, eine starke Hämosiderosis mit typischen Ablagerungsfiguren des Eisens.

Beim Anblick der Pigmentzelle der Salamanderhaut kam ALTMANN auf den Gedanken, daß möglicherweise auch andere

Zellen solche ähnliche, nur farblose Elemente enthalten könnten, die man durch geeignete Methoden sichtbar machen müßte. Wie hier das Pigment, so würden in andern Zellen spezifische Reserve- und Sekretstoffe von Granula bereitet, gespeichert, ausgeschieden. Bei vitaler Färbung von Pigmentzellen nehmen die noch nicht pigmenthaltigen Granula den Farbstoff auf. Rezeptoren, die durch die Stoffverarbeitung nicht in Anspruch genommen waren, standen also der vitalen Färbung offen.

Als besonders bedeutungsvollen Wertmesser für eine Theorie der Plasmastruktur haben wir die Sekretion, als eine spezielle Form der Stoffabgabe, der dritten Phase des Zellstoffwechsels erkannt. Seit der Entdeckung der Zymogengranula durch CLAUDE BERNARD (1856) sind in Drüsenzellen Körnchen, Tröpfchen, Stäbchen, Streifen, Fäden, Basalfilamente, Palisaden, Bürstensäume auf die Sekretion bezogen worden. Diese alten Vorstellungen hat ALTMANN nur wieder aufgenommen und dahin zusammengefaßt, daß die Granula die Träger und Orte des produktiven Stoffwechsels seien, und daß die Sekretion ein granulärer Vorgang sei.

Nach RENAUTS Vorgang nennen die französischen Forscher die Granula und Mitochondrien gerne Eklektosomen, in dem Sinne, daß sie ihnen die Fähigkeit elektiver Aufnahme, Fixierung und Konzentration von Nährsubstanzen, Giften und Arzneimitteln und die Ausarbeitung der Sekrete zuschreiben.

Das klassische Objekt der Drüsensekretion ist seit CLAUDE BERNARD die Speicheldrüse, die durch Pilokarpin zur Ausscheidung angeregt wird. Die neuere Mitochondrienforschung tritt mit überwiegender Mehrheit für die Beteiligung der Mitochondrien am Sekretionsgeschäft ein. Stäbchenförmige Chondriokonten bilden das Sekret in Granula aus, die isoliert und ausgestoßen werden. Die Mitochondrien wären demnach die vegetativen Organe, deren Hauptaufgabe in der Speicherung und Umbildung des aus dem Blut geschöpften Materials besteht. Je nach dem Sekretionszustand trifft man Körner (Mitochondrien), Fäden (Chondriomiten) oder Stäbchen (Chondriokonten), die aber alle in denselben Formenkreis zusammengehören. Sie werden zum Sekret aufgebraucht; je mehr Sekret ausgebildet wird, desto weniger Mitochondrien findet man. Die Fäden verarbeiten die Stoffe zu Granula. Hier finden sich allerdings noch Widersprüche. ARNOLD ist immer dafür ein-

getreten, daß das granuläre Prinzip das primäre sei, daß die Plasmosomen, gleichsam die Urgranula, zu Granula umgewandelt würden und erst sekundär in fädige Verbindung treten. Auch sind die Mitochondrien-Methoden nicht spezifisch, sondern stellen wahrscheinlich Lipoide, nach neueren Anschauungen besonders Phosphatide (LAGUESSE) dar, die um Fäden und Granulaketten eine Hülle bilden, nach deren Extraktion der Inhalt zum Vorschein kommt. Daß aus physikalischen Gründen der Oberflächenentfaltung dem granulären Prinzip vor dem fädigen der Vorrang gebührt, ist ausgeführt worden. In Speicheldrüsen ist ebenfalls ein oxydatives Ferment an Granula gebunden.

Für die Bauchspeicheldrüse hat schon R. HEIDENHAIN gezeigt, wie während der Sekretion die Innenzone der Zelle verbraucht wird und der Ersatz im Hunger aus der gestrichelten Außenzone geschieht, worin er den sichtbaren Ausdruck für die Sekretion fand. Mit dem Fermentgehalt steigt auch die Körnermenge (NUSSBAUM). In der Sprache der Mitochondrienforschung arbeiten Chondriokonten Granula als Sekretionsprodukte aus und werden deshalb von französischen Forschern gern mit dem besonderen Namen des Ergastoplasma, oder der Ergastidien, auch wohl des Protoplasma supérieur belegt. Um die Ausscheidung anzuspornen, hat man neben Pilokarpin auch das Sekretin von BAYLISS und STARLING verwendet.

Sind die Giftdrüsen der Amphibienhaut das gröbste Beispiel von granulärer Sekretion, so sind ihre Schleimdrüsen geeignet, uns den Unterschied der Drüsen in der Ruhe und in der Tätigkeit vorzuführen. Auch hier ist die granuläre Anordnung des Sekretes unverkennbar.

Im Darmepithel entspricht eine bipolare Anordnung der Chondriosomen der doppelsinnigen Leitung der Sekretion und der Resorption (CHAMPY), die also möglicherweise gleichzeitig und aneinander vorbeilaufen.

Ging schon ALTMANN von Fettdrüsen (Präputial-, Clitoris-, Talgdrüsen, Bürzeldrüsen) aus, so haben neuere Untersuchungen an Milch-, Talg- und Schweißdrüsen die Beteiligung der Mitochondrien und Granula an der Bereitung des Sekretes gezeigt.

Besonderes Interesse verdient die Ausscheidung spezifischer Stoffe durch die Nieren; nur liegen die Verhältnisse hier recht verwickelt. Seit R. HEIDENHAINS Infusionen mit indigschwefel-

saurem Natron ist die Niere das klassische Objekt für vitale Färbung gewesen. Durch zeitweilige Blutsperre und Gifte, gleichzeitige Prüfung der Funktion und Kombination mit vitaler Färbung ist neuerdings GROSS zu Ergebnissen gelangt, die auch für Beteiligung der Granula bei der Sekretion sprechen. Ein kurzer Bericht über dieses umfangreiche Gebiet ist nicht wohl möglich.

Dagegen ist noch ein Wort über die Aderhautgeflechte des Gehirns zu sagen, die schon Ende des 17. Jahrhunderts merkwürdigerweise als Glandula (NUCK) bezeichnet wurden. In der Tat besitzen ihre Epithelzellen ein Chondriom nach Art sezernierender Drüsenzellen, und bei Steigerung der Sekretion mittelst Pilokarpin erfahren die Chondriokonten eine Verdickung und körnige Schwellung, bei Intoxikation und Infektion einen Zerfall. Andererseits besitzt das Gebilde Eigenschaften einer physiologischen Grenzmembran, indem es manche Stoffe (Jodkali, Jod, Quecksilber, Brom, Salizyl, Bilirubin) nicht durchläßt, während andere (Urobilin, Chloroform, Urotropin) hindurchtreten, was auf das spezifische Selektionsvermögen bestimmter Zellen bezogen wird.

So, am Zellstoffwechsel, als einer der wichtigsten Lebenserscheinungen gemessen, hat sich die Plasmosomen-Granulalehre und die nach unserer Ansicht mit ihr wesensverwandte Mitochondrienlehre bewährt, unter der Kontrolle der Untersuchung am lebenden Objekt, im Dunkelfeld, und mit der vitalen Färbung.

Die verschiedenen Methoden führen zu übereinstimmenden und eindeutigen Ergebnissen. Wenn aber die Plasmosomen und Mitochondrien Werkzeuge eklektischer Funktionen sind, so ist zu erwarten, daß sich an ihnen die ersten Läsionen bei Intoxikationen und Infektionen bemerkbar machen. Daraus erwächst eine Pathologie der Mitochondrien (REGAUD) oder im weiteren Sinne eine Granulapathologie (ARNOLD, ORTH), die aber nicht im Gegensatz zur Cellularpathologie steht, weder acellulär noch anticellulär gerichtet ist, sondern ultracellulär über die Zelle hinausgeht und die Cellularpathologie vertieft und bereichert.

Der große Reiz der Variationskunst liegt darin, daß das Thema durch die Abwandlungen von allen Seiten beleuchtet wird. Das pathologische Objekt stellt aber eine solche Ab-

wandlung des Themas dar, das ebenfalls dadurch eine schärfere Beleuchtung erhält. Die Geringschätzung oder wenigstens Unterschätzung, die das pathologische Objekt von seiten der morphologischen Naturwissenschaften vielfach erfährt, beruht auf der Verkennung des Wertes dieser Variationen als Zeugnisse der Natur. Jedes pathologische Objekt ist das Ergebnis eines Naturexperimentes, und sein Zeugniswert steigt mit der Erkenntnis der Bedingungen jenes Experimentes. Je mehr diese Erkenntnis wächst, um so mehr werden auch jene Zeugnisse der Natur aus dem Gebiet der Pathologie Beachtung verdienen. Wenn auch vielleicht das Beobachtungsfeld des Pathologen sich mit der Breite des Formenkreises, mit der Fülle der Gesichte in Tier- und Pflanzenwelt nicht messen kann, so fehlt es ihm, durch das Experiment bereichert und ergänzt, doch nicht an Tiefe.

Untersuchungen an Cordierit.

Von **Leopold Oppenheimer, Schriesheim.**

Mit 4 Textfiguren.

Inhaltsübersicht.

Literaturverzeichnis.

1. Böggild, O. B.: Mineralogia Grönlandica. Kopenhagen 1905, S. 345 (Ref. Centralbl. f. Min. usw., 1908, S. 409).
2. Bonsdorff, W.: Über den sog. Steinheilit. Schweigg. Journal, 34, (1822), S. 369.
3. Brauns, R.: Die chemische Zusammensetzung granatführender kristalliner Schiefer, Cordieritgesteine und Sanadinite aus dem Laacher Seegebiet. N. J., BB. 34, (1912), S. 85, 129 u. 136.
4. Dana, J. D.: System of Mineralogy. 6. edit. 1892, p. 419.
5. Des Cloizeaux, A.: Nouvelles recherches sur les propriétés optiques des cristaux naturels ou artificiels. Paris 1867, p. 53.
6. — Manuel de Minéralogie, I, 1862, p. 355.
7. Dittrich, M.: Analytische Methoden der Silikate. Handb. d. Mineralchemie, herausgeg. von C. Doelter, I, 1912, S. 560—594.
8. — und Eitel, W.: Über Verbesserung der Ludwig-Sipöczschen Wasserbestimmungsmethode in Silikaten. Sitz.-Ber. Heidelb. Akad. Wiss., Math. Nat.-Kl., 1911, 21. Abh.
9. Duparc, L., Sabot, R., et Wunder, M.: Les minéraux des pegmatites des environs d'Antsirabé à Madagaskar. Mém. Soc. phys. etc. Genève, 36, (1910), p. 406—407.
10. Farrington, O. C.: The chemical composition of Jolite. Am. Journ., 43, (1892), S. 13—16.
11. Gareiss, A.: Über Pseudomorphosen nach Cordierit. T. M. P. M., 20, (1901), S. 1—39.
12. Gmelin, L.: Analyse des Joliths und des sog. Saphir d'eau. Schweigg. Journ., 14, (1815), S. 316—324.
13. Graber, H. V.: Die Gesteine des österreichischen Mühlenviertels und der Cordierit von Linz a. d. Donau. T. M. P. M., 21, (1902), S. 452.
14. Haidinger, W.: Über den Pleochroismus der Kristalle. Pogg. Ann., 65, (1845), S. 13.
15. — Über den Cordierit. Pogg. Ann., 67, (1846), S. 446.
16. Hecht, B.: Über die Bestimmung des Winkels der optischen Achsen an Platten, deren Normale nicht mit der Halbierungslinie des Winkels der optischen Achsen zusammenfällt. N. J., 1887, I, S. 250—261.
17. Hermann, R., in Kokscharow, N. v.: Materialien zur Mineralogie Rußlands, 3, (1859), S. 255—258.
18. Hidden, W. E., und Pratt, J. H.: Über Begleitmineralien des Rodoliths. Ref. Z. X., 32, (1900), S. 600.
19. Hintze, C.: Handbuch der Mineralogie, II, 1897, S. 918—933.
20. Hövermann, G.: Über pleochroitische Höfe bei Biotit, Hornblende und Cordierit, und ihre Beziehungen zu den α-Strahlen radioaktiver Elemente. N. J., BB. 34, (1912), S. 384—386.

21. HUSSAK, E.: Über den Cordierit in vulkanischen Auswürflingen. S. W. A., 87, (1883), S. 356.

22. KIKUCHI, Y., und SHIMIDSU, T.: Über Cordierit als Kontaktmineral. Journ. of the Sc. Coll. Imp. Univ. Tokyo, Japan, 3, (1890), 313 (Ref. Z. X., 20, (1892), S. 501—502).

23. KLINKSIECK, P., et VALETTE, TH.: Code des couleurs. Paris 1908.

24. KOCH, M.: Die Kersantite des Unterharzes, I. Teil, Jahrb. preuß. geol. Landesanst., (1886), S. 44—104.

25. LASAULX, A. v.: Über Cordieritzwillinge in einem Auswürfling des Laacher Sees. Z. X., 8, (1884), S. 76—80.

26. MICHEL-LÉVY, A., et LACROIX, A.: Minéraux des roches. Paris 1888. p. 173.

27. MILCH, L.: Beiträge zur Kenntnis der granitischen Gesteine des Riesengebirges (Cordierit von Hradschin). N. J., BB. 15, (1902), S. 202.

28. OFFRET, A.: De la variation sous l'influence de la chaleur, des indices de réfraction de quelques espèces minérales, dans l'étendue du spectre visible. Bull. Soc. min., 13, (1890), p. 628.

29. OSANN, A.: Über den cordieritführenden Andesit vom Hoyazo (Cabo de Gata). Z. D. G. G., 40, (1888), S. 704.

30. RAMMELSBERG, C. F.: Handbuch der Mineralchemie. Zweites Supplement zur zweiten Auflage, 1895, S. 278—280.

31. ROSENBUSCH, H.: Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien, I, 1873, S. 270; 2. Aufl. 1885, S. 416; 3. Aufl. 1892, S. 478.

32. ROSENBUSCH-WÜLFING: Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine. I. Die petrographisch wichtigen Mineralien, 4. Aufl. 1904/05. 1. Allgemeiner Teil, S. 326; 2. Spezieller Teil, S. 163—165.

33. SCHÜTZ, CHR.: Über die chemische Zusammensetzung des Dichroits. Pogg. Ann., 54, (1841), S. 565.

34. STROMEYER, A.: Untersuchungen, Bd. 1, (1820), S. 329—355 (Ref. Schweigg. Journ., 33, (1821), S. 369).

35. THOMSON, TH.: Outlin. Min., I, (1836), S. 278.

36. WÜLFING, E. A.: Apparate zur optischen Untersuchung der Mineralien. T. M. P. M., 15, (1895), S. 52—59.

37. — Über einen vereinfachten Apparat zur Herstellung orientierter Kristallschliffe. N. J., 1901, II, S. 1—22.

38. — Über die Lichtbrechung des Kanadabalsams. Sitz.-Ber. Heidelb. Akad. Wiss., Math.-Nat.-Kl., 1911, 20. Abhandl., S. 9.

39. — Fortschritte auf dem Gebiete der Instrumentenkunde. Fortschritte der Mineralogie, 3, (1913), S. 88.

40. ZAMBONINI, F.: Beitrag zum Studium der Hydrosilikate. Atti R. Accad. Sc. Fis. e Mat. Napoli, 16, (1908), S. 1—127 (Ref. Z. X., 49, (1911), S. 84).

41. ZIMANYI, K.: Die Hauptbrechungsexponenten der wichtigeren gesteinsbildenden Mineralien bei Na-Licht. Z. X. 22 (1894), S. 339.

Die im Text in Klammern gesetzten Zahlen beziehen sich auf vorstehendes Literaturverzeichnis.

Einleitung.

Seit Jahrzehnten ist es das Bestreben der Mineralogen, einen gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen den physikalischen und chemischen Konstanten jener Mineralien festzustellen, die durch isomorphe Vertretung der Elemente im Molekül mannigfachen Schwankungen unterworfen sind. Von ganz besonderer Bedeutung sind solche Untersuchungen für die gesteinbildenden Mineralien, bei denen man ja so häufig ausschließlich auf die Bestimmung der physikalischen, insbesondere der optischen Eigenschaften angewiesen ist, und bei denen es denn auch auf diesem Wege gelingt, nicht nur die Mineralspezies, sondern auch das besondere Glied einer isomorphen Reihe zu bestimmen. Wer sich über diese gesetzmäßigen Beziehungen zwischen Stoff und optischen Eigenschaften ein Bild verschaffen will, braucht nur die Handbücher über gesteinbildende Mineralien aufzuschlagen, wo solche Beziehungen eingehend erörtert werden und nur bei wenigen unklar gelassen oder überhaupt kaum zum Ausdruck gebracht werden.

Ein gesteinbildendes Mineral, bei dem diese Verhältnisse noch ziemlich widerspruchsvoll erscheinen, ist der Cordierit, der schon wegen seiner petrographischen Bedeutung eine genauere Kenntnis seiner Eigenschaften verlangt. Die Größe des Achsenwinkels 2 V schwankt nach den bisherigen Messungen an den Cordieriten verschiedener Fundorte zwischen 40° und 86°. Auch die Brechungsexponenten sind verschieden angegeben; dabei fällt besonders auf, daß Cordierite des gleichen Fundortes, insbesondere von Ceylon, recht verschiedene Lichtbrechungen besitzen sollen, trotz einer gewissen Konstanz in der Größe des Achsenwinkels. So findet A. Offret (28) bei einem Ceyloner Cordierit die Lichtbrechung $\frac{\alpha + \beta + \gamma}{3} = 1,596$, während sie nach Des Cloizeaux (6) nur 1,541 betragen soll. Diese in

der Tat sehr auffallenden Abweichungen, die ja größer sind als sie z. B. in der ganzen Plagioklasreihe beobachtet werden — die mittlere Lichtbrechung ist bei Albit 1,533 und bei Anorthit 1,582 — lassen sich mit den bisherigen Analysenbefunden nicht in Übereinstimmung bringen. Auch der Pleochroismus des Cordierits wird auffallend verschieden angegeben, was um so sonderbarer erscheint, als er den Mineralogen so lange als vorbildliches Beispiel für selektive Absorption gedient hat. So kann man auch noch nach den neuesten Literaturangaben (20) zweifeln, ob der mittlere oder der kleinste Vektor der Indikatrix die stärkste Absorption aufweist. Nicht geringer sind die Gegensätze in den Ansichten über den chemischen Aufbau, auch wenn man die älteren Analysen ganz unberücksichtigt läßt. Recht konstant sind die Zahlen für SiO_2 und Al_2O_3, und überall ziemlich deutlich die Gegensätze zwischen FeO und MgO, so daß man eine isomorphe Vertretung hier annehmen darf. Da es sich bei dem FeO-Gehalt nur um Schwankungen von etwa 6% handeln dürfte, wird das Material sorgfältig auszusuchen und die Analyse auch entsprechend auszuführen sein. Ferner wird den Analytiker neben der Frage nach der Oxydationsstufe des Eisens vor allem der Nachweis des chemisch gebundenen Wassers zu beschäftigen haben. Es wird also auch zu entscheiden sein, ob die Untersuchungen O. C. Farringtons (10) sich bestätigen, nach denen der Cordierit bis zu 2% Konstitutionswasser enthalten soll, oder ob der absolut frische Cordierit ein H_2O-freies Mineral ist. Alle diese Widersprüche sind aus den zum Teil etwas kurz gehaltenen Literaturangaben nicht zu erklären. Entscheidungen zugunsten der einen oder der anderen Annahme lassen sich mit Sicherheit nur durch neue Beobachtungen herbeiführen. Zu diesem Zwecke habe ich auf Anregung meines hochverehrten Lehrers, des Herrn Prof. Dr. E. A. Wülfing die Cordierite von folgenden Fundorten untersucht:

1. Haddam, Connecticut.
2. Guilford County.
3. Bodenmais, Bayern.
4. Ceylon.
5. Berg Ibity auf Madagaskar.
6. Twedestrand, Norwegen.
7. Orijärvi, Finnland.
8. Hoyazo, Cabo de Gata, Spanien.

Das Material entstammt teils der Sammlung des Heidelberger Mineralogisch-petrographischen Instituts, teils wurde es mir durch die Vermittlung des Herrn Prof. Dr. WÜLFING von der Heidelberger Akademie der Wissenschaften (Stiftung Heinrich Lanz) zur Verfügung gestellt. Ferner wurde mir durch das sehr freundliche Entgegenkommen der Herren Professoren W. RAMSAY in Helsingfors, W. E. FORD und O. C. FARRINGTON in Chicago schönes Material von Orijärvi in Finnland, von Haddam in Connecticut und von Guilford County überlassen. Auch Herr Prof. ALBERT OFFRET in Lyon hatte die große Liebenswürdigkeit, mir seine Originalpräparate von Ceylon zu Kontrollmessungen zur Verfügung zu stellen.

Eine Methode, an völlig unorientiertem Cordierit die Bestimmung der optischen Konstanten zu ermöglichen.

Die Ermittlungen der optischen Konstanten am Cordierit boten insofern große Schwierigkeiten, als das zu solchen Untersuchungen verfügbare reine Material entweder ganz unsichere, oder überhaupt keine kristallographische Begrenzung aufwies; die Orientierung konnte daher nur auf optischem Wege erfolgen.

Vorausgesetzt wird die näherungsweise Kenntnis des mittleren Brechungsexponenten β. Nach den bisherigen Bestimmungen ist β zu $1{,}549 \pm 0{,}013$ anzunehmen. (Meine eigenen weiter unten mitgeteilten Messungen ergeben $\beta = 1{,}549 \pm 0{,}011$). Die erste Orientierung erfolgte am Pleochroismus, der bei einiger Mannigfaltigkeit in der Farbentönung und sehr großer Mannigfaltigkeit in der Stärke der Absorption in den charakteristischen Achsenfarben wie in Fig. 1 zusammengefaßt werden kann:

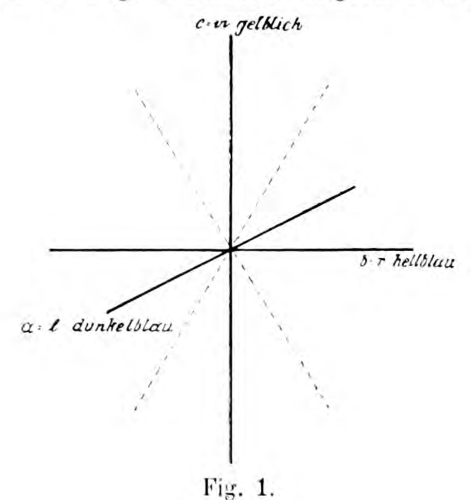


Fig. 1.

Zur weiteren Orientierung sei hier eingeschaltet, daß die Achsenebene immer in der Querfläche (100) liegt und $\mathfrak{a}$ immer spitze Bisektrix ist. Dieser bekanntlich sehr deutliche Pleochroismus erleichtert die Präparation ungemein. Es wurden die zum Teil handstückgroßen Stufen auf Nuß- bis Erbsengröße und zuweilen auch noch weiter, je nach der Reinheit des Materials, zerkleinert und unter den Bruchstücken solche mit mehr oder weniger scheibenförmiger Gestalt, die senkrecht zu der Scheibe möglichst tiefblau gefärbt erschienen, ausgesucht. Solche Splitter mußten vorzugsweise nach der Basis ausgebildet sein und erlaubten also nach der oben angegebenen optischen Orientierung, Achsenpräparate einigermaßen senkrecht zur spitzen Bisektrix herzustellen. Diese Vororientierung läßt sich bei Anwendung eines NICOL'schen Prismas ziemlich genau durchführen, weil man dadurch die beiden blauen Achsenfarben noch besser erkennen und die Lage der Basis noch etwas genauer feststellen kann. Auf diese Weise gelingt es ziemlich leicht, Platten herzustellen, auf denen die beiden optischen Achsen, allerdings meist mehr oder weniger unsymmetrisch, wenn nicht in Luft, so doch in einem optisch dichteren Medium austreten. An solchen Präparaten kann man nun nach der KIRCHHOFF'schen Methode den wahren Winkel der optischen Achsen (2 V) genau bestimmen, wenn der Brechungsexponent n des einbettenden Mediums und β des Cordierits auch nur näherungsweise bekannt sind. Man hat dazu bekanntlich nicht nur den Abstand der auf derselben Fläche austretenden beiden optischen Achsen (2 E in Luft oder 2 W in Wasser, usw.) voneinander, sondern auch die beiden Winkel a_1 und b_1, die von jeder optischen Achse mit der Plattennormale gebildet werden, zu messen. Die Formel zur Berechnung von 2 V aus diesen Stücken a_1, b_1, 2 W, n und β lautet dann (32, S. 326)

$$\cos 2\,V = \cos a \cdot \cos b + \frac{n^2}{\beta^2}(2\,W - \cos\, a_1 \cdot \cos b_1).$$

Bei Messung in Luft wird $n = 1$.

Die weitere Orientierung der Achsenpräparate gegen die Indikatrix und damit die Eröffnung eines Wegs für die Herstellung orientierter Prismen zur Ermittlung der Hauptbrechungsexponenten geschah auf folgende Weise: Die bis dahin gemessenen drei Winkel, a_1, b_1, 2 E, erlaubten nicht nur, den wahren Achsenwinkel des Cordierits zu finden, sondern auch

die Schiefe der Bisektrix gegen die Fläche, auf der die Achsenaustritte beobachtet wurden, festzustellen. Wir wollen diese Schiefe die Poldistanz der Fläche I nennen und mit $\rho_1 = \mathrm{I}\,\mathfrak{a}$ bezeichnen (s. Figur 2). Außer der Poldistanz muß noch ein Winkel, den wir das Azimut der Platte nennen können, bekannt sein. Das Azimut möge immer von der Ebene der optischen Achsen als Nullmeridian aus gezählt werden und zwar wollen wir diese Zählung von (010) beginnen und im doppelten Drehsinn bis 180° fortsetzen. Zur Ermittlung dieser Azimutwinkel bestimmt man durch konoskopische Beobachtung die ungefähre Lage der Achsenebene und schleift zu dieser ungefähr parallel und ungefähr senkrecht zu Fläche I eine neue Fläche II an. Mißt man alsdann die Winkel I II und hernach die Winkel der Normalen von II mit den auf I austretenden optischen Achsen, so ergeben sich räumliche Verhältnisse, wie sie in Fig. 2 in stereographischer Projektion dargestellt sind. Es bedeuten A_1 und B_1 die Austritte der Achsen in Luft, A und B die Achsen im Mineral; $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{b}$, $\mathfrak{c}$ die Austritte des größten, mittleren und kleinsten Vektors der Indikatrix.

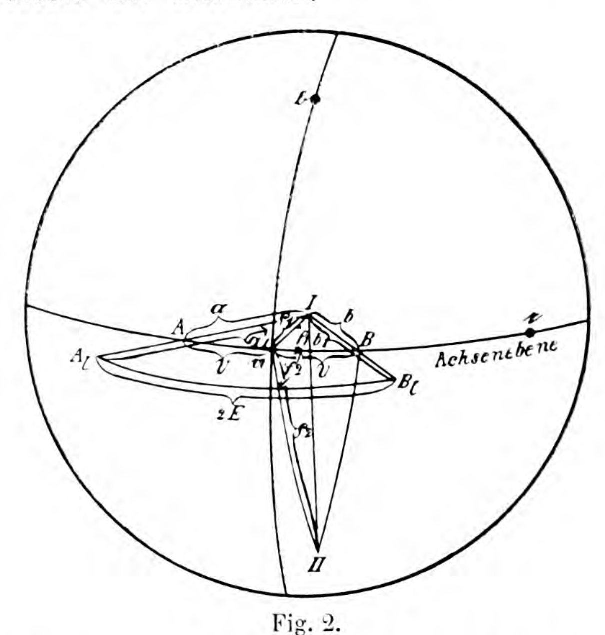


Fig. 2.

1. Aus Dreieck A_1 I B_1 wird der Winkel bei I gefunden.

2. Aus I B_1 und β, sowie I A_1 und β erhält man I B und I A.

3. Aus Dreieck A I B ergibt sich die Seite $AB = 2V$, also auch deren Hälfte $\mathfrak{a}B = V$ und der Winkel bei B (I B $\mathfrak{a}$).

4. Aus dem rechtwinkeligen Dreieck I B a wird die Seite ρ_1 = I a (Poldistanz) und der Winkel bei I berechnet.

5. Aus Dreieck II I B ergibt sich der Winkel bei I (B I II).

6. Aus Dreieck I II a, wo Winkel a I II = a I B — II I B ist, wird die Seite ρ_2 = II a (Poldistanz von II) und der Winkel I II a gefunden.

7. Aus Dreieck a I B wird Winkel φ_1 = I a B = Azimut von I und dann auch mit Hilfe von Winkel I a B und Winkel I a II der Winkel II a B = φ_2 = Azimut von II erhalten.

Bei dem zuerst hergestellten Präparat erfolgte die Orientierung auf dem eben angegebenen Wege durch Rechnung. Nachdem ich mich aber davon überzeugt hatte, daß die Doppelbrechung des Cordierits viel zu gering ist, um diese rechnerisch erreichbare hohe Genauigkeit zu verlangen, ermittelte ich die zur Umorientierung erforderlichen Winkel mit Hilfe des WULFF'schen Netzes auf graphischem Wege, der bei sorgfältigem Zeichnen höchstens 1° Abweichung ergab. Hat man nun die Flächen I und II nach Poldistanz und Azimut festgelegt, so kann man mit Hilfe des WÜLFING'schen Schleifapparates (37) jede andere Fläche von vorgeschriebener Lage herstellen. Die anfänglich geschilderte grobe Orientierung mit Hilfe des Pleochroismus und die eben beschriebene weitere Orientierung wurde gelegentlich etwas abgeändert, wenn z. B. eine auch nur rohe kristallographische Begrenzung oder eine einigermaßen deutliche Spaltbarkeit nach (010) zu beobachten war. Indessen bieten diese Abweichungen vom geschilderten Wege nichts wesentlich Neues und bedürfen daher keiner einzelnen Beschreibung. Es sei nur noch erwähnt, daß zuweilen größere und dickere mit den Flächen I und II versehene Platten auseinandergeschnitten und in einem Teil zu Achsenpräparaten, in einem anderen Teil zu Prismen verarbeitet wurden, so daß die aus den Achsenpräparaten gewonnene Orientierung auch für das andere Stück benutzt werden konnte. Kleine Abweichungen, die bei solchen zwei- bis fünfmal wiederholten Präparationen und Messungen vorkamen, mögen zum Teil auf Unreinheiten des Materials, zum Teil auch auf nicht ganz ungestörtes Wachstum zurückzuführen sein. In vielen Fällen wurde auch die Fläche I umorientiert, genau senkrecht zur spitzen Bisektrix gelegt und dann ein solches Präparat noch mit einer Fläche in der Zone (001) : (100) oder (001) : (010) versehen, um die Bestimmung der Brechungs-

exponenten β und γ mittels senkrechter Inzidenz ausführen zu können. Bei dem Zerschneiden der Stücke hat die von E. A. WÜLFING konstruierte, und nun von der Firma R. WINKEL in Göttingen gebaute kleine und einfache Schneidemaschine (39) gute Dienste geleistet. Die Messungen wurden mit dem WÜLFING'schen Achsenwinkelapparat (36) und zugehörigem Monochromator, sowie mit dem WEBSKY-FUESS'schen Goniometer (36), ebenfalls mit dem WÜLFING'schen Monochromator versehen, ausgeführt. Alle Messungen erfolgten mindestens dreimal und die Einstellungsfehler bei der doppelten Minimalablenkung mochten höchstens $\pm$ 0,8′, bei der einfachen Ablenkung bei senkrechter Inzidenz höchstens $\pm$ 0,5′ betragen. Alle Prismen und Achsenpräparate wurden zunächst mit Natriumlicht durchgemessen und nachher an ihnen mit Hilfe der WÜLFING'schen Monochromatoren unter Anwendung von Sonnenlicht die Dispersion bestimmt. Die Messungen wurden ausgeführt an den Prismen für die Linien A bis K, an einigen Achsenpräparaten für die Linien B bis G′. Die Wellenlängen der Linien, die ich bei der Messung benutzte, sind:

A	759,4	μμ
B	687,0	„
C	656,3	„
D	589,3	„
E	527,0	„
F	486,1	„
G′	432,6	„
h	410,2	„
H	396,9	„
K	393,4	„

1. Cordierit von Haddam.

Ein freundlichst von Herrn W. E. FORD in Chicago zur Untersuchung überlassenes etwa faustgroßes Bruchstück des Cordierits von Haddam war reichlich von Quarz durchwachsen. Dieser Quarz umschloß an einer Stelle einige etwa 1 mm große, schwarze Turmalinkriställchen, an denen Herr Dr. K. BECHT wahrscheinlich machen konnte, daß sie einer Varietät mit großem Rhomboëderwinkel, also auch mit großer c-Achse angehören. Zu einer genaueren Durchführung dieser morphologischen Unter-

suchung reichten die wenigen besser ausgebildeten Kriställchen nicht aus. Der Cordierit selbst zeigte eine auch schon von FARRINGTON (10) betonte starke Zersetzung, vor allem in ein grünes, nach GAREISS (11) wohl als Chlorophyllit anzusprechendes Umwandlungsprodukt, außerdem in einen olivengrünen Glimmer, der seinerseits wieder in einen wasserhellen Glimmer übergegangen ist. Soweit diese Glimmerblättchen dunkle Farben aufweisen, sind sie in ihrem optischen Verhalten so gut wie einachsig. Bei helleren Farben besitzen sie einen größeren Achsenwinkel und sind Glimmer II. Art. Dieser verschieden gefärbte Glimmer ist besonders an den regelmäßigen Absonderungsflächen nach der Basis zu finden, wo anscheinend die Umwandlung eingesetzt hat und infolgedessen auch am weitesten vorgeschritten ist. Die basale Absonderung sowie die unregelmäßig verlaufenden fast überall vorkommenden Spaltflächen nach (010) erleichterten einigermaßen die erste Orientierung. Das nur in geringer Menge vorhandene unzersetzte Material besitzt eine im Verhältnis zu den übrigen Vorkommen recht schwache Absorption, die selbst bei etwa 3 mm dicken Präparaten nur hellblaue Farbentöne auftreten läßt.

An einer ungefähr parallel zur Basis geschliffenen Platte wurde in Luft der Achsenwinkel und die Lage jeder Achse gegen die Plattennormale gemessen (Präp. 1). Eine Umorientierung des Präparates nach der oben S. 265 beschriebenen graphischen Methode gab eine etwas genauere Lage der Basis (Präp. 2). Es wurden folgende Winkel gemessen:

	$2E_{na}$	a_1	b_1	$2V_{na}$
Präp. 1 . .	68° 11′	34° 53′	34° 24′	42° 7′
„ 2 . .	67° 57′	33° 44′	34° 8′	42° 0′.

Beide Achsenwinkel 2 V wurden mittels der KIRCHHOFF'schen Formel: $\cos 2V = \cos a \cdot \cos b + \frac{1}{\beta^2} \cdot (\cos 2E - \cos a_1 \cdot \cos b_1)$ und mit $\beta = 1{,}5599$ berechnet. An einem anderen Präparat (Präp. 3) wurde erhalten:

	$2E_{na}$	a_1	b_1	$2V_{na}$
Präp. 3 . .	73° 40′	35° 0′	38° 40′	44° 49′.

Der Achsenwinkel ist also hier um 2° 45′ größer als an den beiden anderen dem gleichen Fundorte entstammenden Cordie-

ritpräparaten gefunden worden. Solche Schwankungen kommen mehrfach und zwar auch bei Präparaten vor, die unmittelbar benachbarten Stücken der gleichen Stufe entstammen. Als Mittelwert für diesen Cordierit wird man für den Achsenwinkel anzunehmen haben: $2V = 43^\circ 27' \pm 1^\circ 23'$. Zur Bestimmung der Brechungsexponenten wurden zwei Prismen hergestellt (Präp. 4 und Präp. 5). Präparat 4 diente zur Ermittlung von α und β nach der Minimalablenkungsmethode, Präparat 5 zur Ermittlung von β und γ nach der Methode der senkrechten Inzidenz. Die Messungen führten zu den Werten in Tabelle I, S. 269.

Bisher wurde der Cordierit von Haddam nur von DES CLOIZEAUX (6) optisch untersucht. Er fand:

$2E_{na}$	$2V_{na}$ berechnet aus 2E	$2V_{na}$ berechnet aus α, β, γ	α	β	γ	$\gamma-\alpha$	$\gamma-\beta$	$\beta-\alpha$
63° 45′	39° 36′	39° 32′	1,5523	1,5615	1,5627	0,0104	0,0012	0,0092

während meine Messungen ergaben:

$2E_{na}$	$2V_{na}$ berechnet aus 2E	$2V_{na}$ berechnet aus α, β, γ	α	β	γ	$\gamma-\alpha$	$\gamma-\beta$	$\beta-\alpha$
70° 30′	43° 26′	40° 46′	1,5520	1,5599	1,5610	0,0090	0,0011	0,0079

2. Cordierit von Guilford County.

Die optischen Eigenschaften des von O. C. FARRINGTON (10) beschriebenen und analysierten Cordierits von Guilford County sind noch nicht bekannt. Herr O. C. FARRINGTON hatte die Freundlichkeit, mir ein geeignetes Stückchen seines Originalmaterials zu überlassen. Es besitzt eine auffällige Klarheit, sehr geringe Zersetzung und außerordentlich deutlichen Pleochroismus. Die Spaltbarkeit nach (010) war hier, wenn auch etwas unregelmäßig, doch besser als bei allen anderen Cordieriten ausgebildet.

Tabelle I.

Präparat 4 für Minimalablenkung: Brechende Kante ‖ c; Symmetrieebene ‖ (010)		Lichtart	$2\,\delta_\alpha$	$2\,\delta_\beta$	α	β
	Brechender Winkel: $\alpha = 60^0\,34,4'$	A				
		B	84° 11,2′	85° 44,9′	1.5478	1,5559
		C	84° 26,9′	85° 56,3′	1.5492	1.5572
		D	84° 57,6′	86° 14,3′	1.5520	1.5601
		E	85° 43,2′	87° 15,0′	1,5554	1.5635
		F	86° 8,8′	87° 40,9′	1.5583	1.5665
		G′	87° 8,7′	88° 40,8′	1.5636	1.5717
		h	87° 43,9′	89° 18,2′	1.5668	1.5750
		H	88° 6,6′	89° 40,2′	1.5688	1.5773
		K	88° 12,8′	89° 46,8′	1.5697	1.5779

Präparat 5 für senkrechte Inzidenz: Brechende Kante ‖ b; eine Fläche ‖ (001)		Lichtart	δ_β	δ_γ	β	γ
	Brechender Winkel: $\alpha = 28^0\,18,6'$	A				
		B	19° 14,9′	19° 17.5′	1.5560	1.5570
		C	19° 17,8′	19° 20,1′	1.5572	1.5581
		D	19° 24,0′	19° 27.0′	1.5597	1.5610
		E	19° 32,8′	19° 35,4′	1.5633	1.5644
		F	19° 40,4′	19° 43.2′	1,5665	1.5675
		G′	19° 52,5′	19° 56.0′	1,5714	1,5728
		h	20° 0,6′	20° 4,1′	1.5748	1.5762
		H	20° 5,1′	20° 8,0′	1,5766	1,5778
		K	20° 7,0′	20° 10,6′	1.5774	1,5788

Vereinigte Werte aus Messungen an Präparat 4 und 5.	Lichtart	α	β	γ	$\gamma-\alpha$	$\gamma-\beta$	$\beta-\alpha$
	A						
	B	1,5478	1,5559	1.5570	0,0092	0,0011	0.0081
	C	1,5492	1,5572	1.5581	89	9	80
	D	1,5520	1,5599	1,5610	90	11	79
	E	1,5554	1,5634	1,5644	90	10	80
	F	1,5583	1,5665	1,5675	92	10	82
	G′	1,5636	1,5715	1,5728	92	13	79
	h	1,5668	1,5749	1,5762	94	13	81
	H	1,5688	1,5770	1,5778	90	8	82
	K	1,5697	1,5776	1,5788	91	12	79

An Präparat 6 ergab die Messung des Achsenwinkels in Natriumlicht die Werte:

$$2\,E_{na} \quad a_1 \quad b_1$$
$$114^0\,43' \quad 70^0\,00' \quad 46^0\,33',$$

woraus sich nach der KIRCHHOFF'schen Formel unter Annahme eines Wertes: $\beta = 1,5460$ (s. S. 271) $2V = 64^0\,44'$ ergab. Als das

Präparat 6 genauer senkrecht zur spitzen Bisektrix orientiert war (Präp. 7), wurde eine zweite Serie von Messungen, diesmal in Wasser, vorgenommen. Ich erhielt:

$2\,W_{na}$	a_1	b_1
77° 10′	37° 45′	39° 32′.

Zur Berechnung von 2 V konnte hier die Sinusformel benutzt werden. Danach war $2\,V_{na} = 65°\,9'$. Als Mittelwert für 2 V wird also der Wert $64°\,57' \pm 12'$ anzunehmen sein. Da dieses Präparat 7 einigermaßen senkrecht zur spitzen Bisektrix orientiert war und wie das ganze Stück einen außerordentlichen Grad von Reinheit aufwies, konnte es zur Bestimmung der Dispersion der Achsen gebraucht werden. Mit Sicherheit können die Werte für die Linien B, C, D, E angegeben werden; die ebenfalls erwähnten Messungen in den Linien F und G′ können dagegen nur geringere Genauigkeit beanspruchen:

Tabelle II.

Lichtart	$2\,W_a$	n bei 20°	β (s. S. 271)	$2\,V_a$
B	76° 26′ ± 7′	1,3304	1,5424	64° 30′
C	76° 38′ ± 5′	1,3311	1,5434	64° 39′
D	77° 11′ ± 3′	1,3330	1,5460	65° 5′
E	77° 41′ ± 10′	1,3353	1,5494	65° 26′
F	78° 6′ ± 3′	1,3372	1,5524	65° 44′
G′	77° 26′ ± 17′	1,3404	1,5573	65° 8′

Zwei Prismen (Präp. 8 und 9) zur Ermittlung der Brechungsexponenten waren wieder so orientiert, daß an dem einen (Präp. 8) α und β nach der Methode der Minimalablenkung, an dem andern (Präp. 9) β und γ nach der Methode der senkrechten Inzidenz bestimmt werden konnten. Ich erhielt die in Tabelle III, S. 271, aufgezeichneten Werte.

Aus dem dritten Abschnitt der Tabelle III sowie der Tabelle I und auch aller folgenden Tabellen, welche Dispersionsbestimmungen der Brechungsexponenten aufweisen, ist ersichtlich, daß die Doppelbrechungen nur in den methodisch zulässigen Fehlergrenzen schwanken, was übrigens schon A. Offret (28) und G. Hövermann (20) festgestellt haben. Der Cordierit hat

also durchaus normale Dispersion, wie wenig andere Mineralien, d. h. die Interferenzfarben eines dünnen Blättchens von diesem Mineral weisen keinen Unterschied von den Interferenzfarben einer dünnen Luftschicht auf.

Tabelle III.

Präparat 8 für Minimalablenkung: Brechende Kante ‖ c, Symmetrieebene ‖ (010)

Brechender Winkel: $\alpha = 59° 12,0'$

Lichtart	$2\delta_\alpha$	$2\delta_\beta$	α	β
A	78° 45,7′	79° 47,5′	1,5346	1,5406
B	79° 7,6′	80° 9,2′	1,5368	1,5426
C	79° 17,0′	80° 19,0′	1,5376	1,5435
D	79° 44,8′	80° 47,0′	1,5403	1,5462
E	80° 19,6′	81° 22,0′	1,5436	1,5496
F	80° 49,9′	81° 52,9′	1,5465	1,5525
G′	81° 43,1′	82° 46,6′	1,5516	1,5575
h	82° 14,3′	83° 18,7′	1,5545	1,5606
H	82° 35,6′	83° 46,7′	1,5565	1,5626
K	82° 41,2′	83° 45,7′	1,5570	1,5630

Präparat 9 für senkrechte Inzidenz: Brechende Kante ‖ b, eine Fläche ‖ (001)

Brechender Winkel: $\alpha = 28° 18,6'$

Lichtart	δ_β	δ_γ	β	γ
A	19° 50,0′	19° 56,2′	1,5412	1,5435
B	19° 52,5′	19° 58,1′	1,5422	1,5443
C	19° 55,3′	20° 1,6′	1,5432	1,5457
D	20° 1,8′	20° 8,4′	1,5458	1,5483
E	20° 10,4′	20° 17,0′	1,5491	1,5516
F	20° 18,9′	20° 25,5′	1,5523	1,5548
G′	20° 31,6′	20° 38,1′	1,5571	1,5596
h	20° 39,7′	20° 46,0′	1,5602	1,5626
H	20° 45,0′	20° 52,1′	1,5622	1,5649
K	20° 46,3′	20° 53,2′	1,5627	1,5653

Vereinigte Werte aus Messungen an Präparat 8 und 9

Lichtart	α	β	γ	$\gamma-\alpha$	$\gamma-\beta$	$\beta-\alpha$
A	1,5346	1,5409	1,5435	0,0089	0,0026	0,0063
B	1,5368	1,5424	1,5443	75	19	56
C	1,5376	1,5434	1,5457	81	23	58
D	1,5403	1,5460	1,5483	80	23	57
E	1,5436	1,5494	1,5516	80	22	58
F	1,5465	1,5524	1,5548	83	24	59
G′	1,5516	1,5573	1,5596	80	23	57
h	1,5545	1,5604	1,5626	81	22	59
H	1,5565	1,5624	1,5649	84	25	59
K	1,5570	1,5629	1,5653	83	24	59

3. Cordierit von Bodenmais.

Ein erstes zur Untersuchung gelangtes Stück entstammt der Sammlung des Heidelberger Mineralogisch-petrographischen Instituts und besteht aus zwei parallel verwachsenen, zusammen etwa 5 cm dicken Kristallen. Alle Flächen waren von einer braunschwarzen Kruste überzogen und sehr unvollkommen ausgebildet, indessen läßt sich doch deutlich erkennen, daß die Basis und einige Flächen der Prismenzone vorhanden sind; letztere jedoch waren wegen ihrer Unebenheit nicht in ihren Indizes zu bestimmen. Die Kristalle waren auf Eisenkies, Kupferkies und Magnetkies aufgewachsen und reichlich von Quarz durchzogen. Das Material ließ an Reinheit viel zu wünschen übrig und zeigte auch noch häufig in den klareren Stellen eine beginnende Zersetzung dadurch an, daß die bläulichen Farben des reineren Materials in gelbliche und bräunliche Farbentöne umgewandelt waren. Der sonst so deutliche Pleochroismus tritt an diesen umgewandelten Stellen kaum hervor.

Ein mit Hilfe der kristallographischen Begrenzung roh orientiertes Achsenpräparat (Präp. 10) ergab:

$2E_{na}$	a_1	b_1	$2V_{na}$
$140^0\,17' \pm 11'$	$62^0\,28' \pm 8'$	$78^0\,11' \pm 8'$	$74^0\,44'$

Aus einem Teil dieser basalen Platte wurde ein Prisma symmetrisch zur Fläche (010) mit der brechenden Kante parallel c (Präp. 11), aus einem anderen Teil ein bis auf 10 Minuten senkrecht zur spitzen Bisektrix orientiertes Achsenpräparat hergestellt (Präp. 12). An Präparat 11 sollte die Bestimmung von α und β nach der Methode der Minimalablenkung, an Präparat 12 eine Wiederholung der Messung des Achsenwinkels und durch Hinzufügung einer Fläche in der Querdomen-Zone die Bestimmung von β und γ durch Beobachtung bei senkrechter Inzidenz erfolgen. Leider stieß ich bei diesem Plane auf einige Schwierigkeiten, die wahrscheinlich mit der Unreinheit des Vorkommens zusammenhingen. Die polierten Flächen gaben auch hier wie in allen anderen Fällen durchaus einheitliche Reflexe, aber Präparat 11 zeigte im durchgehenden Licht doppelte Spaltbilder, die zunächst zu folgenden, aus je fünf Messungen erhaltenen Winkelwerten führten:

$$2\,\delta_{\alpha_1} = 80^0\,45{,}1' \pm 0{,}9' \qquad 2\,\delta_{\alpha_2} = 80^0\,31{,}9' \pm 0{,}8'$$
$$2\,\delta_{\gamma_1} = 82^0\,17{,}4' \pm 0{,}6' \qquad 2\,\delta_{\gamma_2} = 82^0\;\;2{,}5' \pm 0{,}8'$$
$$(\alpha_1 = 1{,}5359) \qquad \alpha_2 = 1{,}5332$$
$$(\gamma_1 = 1{,}5445) \qquad \gamma_2 = 1{,}5431.$$

An Präparat 12 nahm ich die Messung des Achsenwinkels in Wasser vor: $2\,W_{na} = 89^0\,12'$, und am gleichen Stück (Präp. 13) die Beobachtung bei senkrechter Inzidenz:

$$\alpha = 27^0\,49{,}7' \pm 0{,}2'$$
$$\delta_\beta = 18^0\,17{,}4' \pm 0{,}5'$$
$$\delta_{\gamma_2} = 18^0\;\;4{,}4' \pm 0{,}5'.$$

Wenn auch hier Dubletten der Bilder für jede Welle zu bemerken waren, so lagen sie doch so nahe (etwa bis auf 1′) beieinander, daß diese Abweichung vernachlässigt und auf die Mitte der Doppelbilder eingestellt werden konnte. Auch wurde noch an Präparat 13 eine Kontrollmessung für β nach der Minimalablenkungsmethode gemacht, die ergab:

$$2\,\delta_\beta = 31^0\,16{,}1 \pm 0{,}5'$$
$$\beta = 1{,}5398 \pm 0{,}0002'.$$

Alle Messungen sind in Tabelle IV zusammen gefaßt:

Tabelle IV.

	α	β	γ	$2\,E_{na}$	$2\,W_{na}$	$2\,V_{na}$
Präparat 10 . . .				140° 17′		74° 44′ [1]
Präparat 11 . . .	$\alpha_1 = 1{,}5359$ $\alpha_2 = 1{,}5332$		$\gamma_1 = 1{,}5445$ $\gamma_2 = 1{,}5431$			
Präparat 12 . . .					89° 12′	74° 52′
Präparat 13 . . .		$\beta_1 = 1{,}4396$ $\beta_2 = 1{,}5398$	1,5427			
						69° 48′ [2]

Aus Tabelle IV kann man ersehen, daß der Wert γ_1 bei Präparat 11 sehr stark von γ bei Präparat 13 abweicht, während γ_2 aus Präparat 11 gut mit diesem Wert übereinstimmt. Ich halte mich daher für berechtigt, den Wert γ_1 auf Unvollkommenheit des Materials zurückzuführen und mit ihm auch den analogen

[1]) Berechnet mit Hilfe von $\beta = 1{,}5397$ und $n = 1{,}3330$.

[2]) Berechnet aus α, β, γ.

Wert α_1 zu streichen. Für die Bevorzugung der Werte α_2 und γ_2 spricht auch die Tatsache, daß ein aus α_1, β und γ_1 berechnetes 2 V zu dem Wert 96° 36′ führt, also zu einem Wert, der um 22° von dem beobachteten abweicht, während aus α_2, β und γ_2 2 V nur 5° abweichend zu 64° 48′ erhalten wird. Diese letztere Abweichung darf hier nicht so sehr überraschen, denn 2 V ist bei der schwachen Doppelbrechung des Cordierits eine außerordentlich empfindliche Funktion der Brechungsindizes. Schon bei einer Verkleinerung des Wertes β um 0,0002 erhält man einen mit der Beobachtung übereinstimmenden Wert von 2 V.

Da das eben beschriebene Material weder, wie wohl aus dem Voranstehenden zu ersehen, zur optischen Untersuchung besonders geeignet war, noch auch die nötige Menge für eine sehr erwünschte Analyse abgegeben hätte, wurden mir durch Vermittlung des Herrn Professors Dr. WÜLFING von der Heidelberger Akademie der Wissenschaften einige Stücke Cordierit von Bodenmais, die aus der Mineralienhandlung von M. MAUCHER in München stammen, zur Verfügung gestellt. Hierunter befanden sich acht, bis ungefähr 1 ccm große Stücke von sehr reinem, tiefblau gefärbtem und von größeren Einschlüssen gänzlich freiem Cordierit. Nur winzige Einschlüsse konnten auf den undeutlich entwickelten Spaltflächen nach (010) noch eben als kleine Pünktchen mit bloßem Auge bemerkt werden. Drei etwa nach den Pinakoiden angefertigte Dünnschliffe zeigen, daß sie aus kurzen Säulchen bestehen, die mit ihrer etwa 10 μ langen Achse der Prismenachse des Cordierits parallel liegen und starke Licht- und Doppelbrechung aufweisen.

Ein erstes, nur nach dem Pleochroismus einigermaßen orientiertes Achsenpräparat dieses MAUCHER'schen Cordierits von Bodenmais (Präp. 14) gab für Natriumlicht in Luft:

$2\,E_{na}$	a_1	b_1
114° 30′	50° 8′	64° 8′.

Eine Wiederholung der Messung in Wasser für Natriumlicht ergab:

$2\,W_{na}$	a_1	b_1
78° 1′	35° 15′	42° 43′.

Nimmt man $\beta = 1{,}5460$ (s. Tab. V, S. 275) und n für Wasser $= 1{,}3330$ an, so berechnet sich:

$$\left.\begin{array}{l} 2\,V_{na} = 65^\circ\,31' \\ 2\,V_{na} = 65^\circ\,40' \end{array}\right\} \text{Mittel} = 65^\circ\,36'.$$

Von den zur Ermittlung der Brechungsexponenten hergestellten Prismen (Präp. 15 und 16) diente Präparat 15 zur Bestimmung von α und β mittels der Methode der Minimalablenkung, Präparat 16 zur Bestimmung von β und γ nach der Methode der senkrechten Inzidenz. Dabei wurden die Werte in Tabelle V erhalten.

Tabelle V.

Präparat 15 für Minimalablenkung: Brechende Kante ‖ c, Symmetrieebene ‖ (100)	Brechender Winkel: $\alpha = 59^0\ 53{,}0'$	Lichtart	$2\,\delta_\alpha$	$2\,\delta_\beta$	α	β
		A	80° 11.8′	81° 12.1′	1.5346	1.5402
		B	80° 34.3′	81° 37.7′	1.5367	1.5426
		C	80° 43.9′	81° 46.6′	1.5375	1.5434
		D	81° 9.9′	82° 13.9′	1.5400	1.5460
		E	81° 46.0′	82° 50.1′	1.5434	1.5493
		F	82° 17.5′	83° 21.6′	1.5463	1.5523
		G′	83° 12.4′	84° 16.4′	1.5514	1.5573
		h	83° 44.8′	84° 49.8′	1.5544	1.5603
		H	84° 4.9′	85° 12.6′	1.5562	1.5624
		K	84° 15.3′	85° 21.1′	1.5571	1.5623

Präparat 16 für senkrechte Inzidenz: Brechende Kante ‖ a, eine Fläche ‖ (001)	Brechender Winkel: $\alpha = 30^0\ 25{,}1'$	Lichtart	δ_β	δ_γ	β	γ
		A	20° 49.5′	20° 57.4′	1.5401	1.5430
		B	20° 55.5′	21° 1.9′	1.5424	1.5446
		C	20° 58.5′	21° 5.2′	1.5431	1.5455
		D	21° 5.7′	21° 12.9′	1.5460	1.5486
		E	21° 15.7′	21° 22.5′	1.5496	1.5520
		F	21° 23.6′	21° 30.8′	1.5524	1.5550
		G′	21° 37.7′	21° 45.1′	1.5574	1.5600
		h	21° 46.5′	21° 53.9′	1.5605	1.5631
		H	21° 52.3′	21° 59.8′	1.5625	1.5652
		K	21° 53.7′	22° 1.5′	1.5630	1.5658

Vereinigte Werte aus den Messungen an Präparat 15 und 16	Lichtart	α	β	γ	$\gamma-\alpha$	$\gamma-\beta$	$\beta-\alpha$
	A	1.5346	1.5402	1.5430	0,0084	0,0028	0,0056
	B	1.5367	1.5425	1.5446	79	21	58
	C	1.5375	1.5433	1.5455	80	22	58
	D	1.5400	1.5460	1.5486	86	26	60
	E	1.5434	1.5494	1.5520	86	26	60
	F	1,5463	1.5523	1.5550	87	27	60
	G′	1.5514	1,5573	1.5600	86	27	59
	h	1,5544	1,5604	1,5631	87	27	60
	H	1,5562	1,5624	1.5652	90	28	62
	K	1,5571	1,5631	1.5658	87	27	60

Über den Cordierit von Bodenmais haben M. KOCH (24), K. ZIMANYI (41) und DES CLOIZEAUX (6) folgende Bestimmungen veröffentlicht:

α	β	γ	2 E_{na}	2 V_{na}	Autor
(1,5433	1,5467	1,5490	—	—)	Koch
1,5339	1,5400	1,5440	—	—	Zimanyi
1,535	1,541	1,546	—	84° 28′	Des Cloizeaux.

Nach Kontrollmessungen, die Herr ED. SCHMIDT im Heidelberger Institut (38) an den KOCH'schen Originalpräparaten ausführte, sind die eben erwähnten KOCH'schen Werte durch folgende Werte zu ersetzen:

$$\alpha = 1{,}536 \pm 0{,}001;\ \beta = 1{,}540;\ \gamma = 1{,}544 \pm 0{,}002.$$

Alle diese Daten zeigen wieder, wie groß sogar bei dem gleichen Vorkommen die Unterschiede der optischen Verhältnisse sein können.

4. Cordierit von Ceylon.

Die bisher am Cordierit von Ceylon von A. DES CLOIZEAUX (6) und A. OFFRET (28) gefundenen optischen Konstanten lauten:

α	β	γ	2 E_{na}	2 V_{na}	Autor
1,537	1,542	1,543	125° 26′	(70° 24′)	Des Cloizeaux.
1,5918	1,5970	1,5992	(109° 42′)	64° 00′	Offret

Diese Brechungsexponenten weichen also, wie schon S. 260 angedeutet, durchschnittlich um 5½ Einheiten der zweiten (!) Dezimale voneinander ab, Unterschiede, die um so mehr auffallen, als die Werte für den Achsenwinkel benachbart sind. Die Vermutung, daß es sich bei dem OFFRET'schen Cordierit um einen Ausnahmefall handeln könnte, erwies sich aber bald als irrig, nachdem Herr Professor A. OFFRET in Lyon, wie schon gesagt, die große Liebenswürdigkeit hatte, mir sein ganzes Originalmaterial, bestehend aus 3 Prismen und einem unpräparierten kleinen Stückchen, das ihm zu seinen 1890 ausgeführten Untersuchungen gedient hatte, zu Kontrollmessungen zur Verfügung zu stellen. Die Prismen trugen je 3 Flächen, über deren Orientierung OFFRET schon die nötigen Angaben (28) gemacht hat. Danach liegen zwei Flächen symmetrisch zu einem Pinakoid, während die dritte in der gleichen Zone mit den beiden anderen und zwar symmetrisch zu ihnen angeschliffen worden ist. Jedes

dreiseitige Prisma läuft mit seinen 3 Kanten einer Cordieritkristallachse parallel und erlaubt also je einen Hauptbrechungsindex an drei verschiedenen Kanten zu bestimmen. Ferner ist aber an diesen drei Prismen noch je ein anderer Hauptbrechungsexponent aus der Minimalablenkung zu ermitteln, weil ja ein Symmetrieschnitt dieser Präparate mit einer Symmetrieebene des Cordierits parallel geht. Jeder Brechungsexponent wird also dreimal an einem Prisma, das jedesmal aus drei Präparaten besteht — wenn man so sagen darf — und einmal an einem anderen Prisma, im ganzen also viermal gefunden. Das Material ist sehr rein und die Politur der vollständig ebenen Flächen von ausgezeichneter Beschaffenheit. Die Messungen, über die Tabelle VI Aufschluß gibt, ließen sich daher mit sehr großer Genauigkeit durchführen.

Tabelle VI.

	Brech. Winkel	Doppelte Minimalablenkung			Brechungsexponent		
	α	$2\,\delta_\alpha$	$2\,\delta_\beta$	$2\,\delta_\gamma$	α	β	γ
Präparat 17 .	54° 42,2′	70° 22,7′		71° 28,8′	1,5375		1,5450
„ 18 .	62° 36,7′			88° 24,0′			1,5453
„ 19 .	62° 41,7′			88° 35,3′			1,5455
„ 20 .	54° 27,1′		70° 44,2′	71° 1,9′		1,5431	1,5451
„ 21 .	62° 58,2′		88° 50,1′			1,5430	
„ 22 .	62° 34,3′		87° 56,9′			1,5431	
„ 23 .	54° 44,4′	70° 29,5′	71° 15,8′		1,5379	1,5430	
„ 24 .	62° 45,9′	87° 17,4′			1,5378		
„ 25 .	62° 29,2′	86° 38,9′			1,5378		
Mittel:					1,5377	1,5430	1,5452
Fehlergrenzen:					0,0002	0,0001	0,0003

Vergleicht man hiermit die Angaben OFFRETS, so zeigen sich die schon mehrfach berührten starken Abweichungen. Wie OFFRET zu seinen Zahlen gelangt ist, habe ich nicht ermitteln können, schon weil in der Abhandlung von 1890 zwar die Winkelwerte für die Prismen, aber nicht für die Minimalablenkungen mitgeteilt werden. Für die naheliegende Vermutung einer fehlerhaften Kombination der brechenden Winkel mit den ihnen nicht zukommenden Minimalablenkungen fand ich keine Bestätigung.

Das vierte noch unpräparierte Stückchen dieses Ceyloner Vorkommens trug eine Fläche nahezu senkrecht zur spitzen

Bisektrix. Nach Anlegung auch der Gegenfläche (Präp. 26) wurde für Natriumlicht der Achsenwinkel in Luft (2 E) und in Wasser (2 W) bei 18° gemessen und daraus mit Hilfe des obigen Wertes $\beta = 1{,}5430$ der Winkel im Kristall (2 V) gefunden:

In Wasser:	In Luft:
$2\,W_{na} = 75^0\,15' \pm 10'$	$2\,E_{na} = 108^0\,27' \pm 7'$
$a_1 = 36^0\,40' \pm 8'$	$a_1 = 54^0\,40' \pm 10'$
$b_1 = 38^0\,12' \pm 9'$	$b_1 = 53^0\,43' \pm 3'$.
Hieraus:	
$2\,V_{na} = 63^0\,20'$	$2\,V_{na} = 63^0\,25'$

Mittel für $2\,V_{na} = 63^0\,22'$.

Berechnet man 2 V aus den in Tabelle VI stehenden Mittelwerten der Brechungsexponenten, so ergibt sich $2\,V_{na} = 64^0\,0'$, eine Übereinstimmung, die als sehr gut zu bezeichnen ist, denn eine Änderung von β um nur eine Einheit der vierten Dezimale würde schon eine Änderung von 2 V im Betrage von 1½° zur Folge haben.

5. Cordierit vom Berg Ibity auf Madagaskar.

Ein von der Heidelberger Akademie der Wissenschaften aus der Dr. Krantz'schen Mineralienhandlung stammendes, mir zur Verfügung gestelltes doppelt walnußgroßes Stück dieses unlängst beschriebenen Cordierits von Madagaskar (9) besitzt einen hohen Glanz, verhältnismäßige Reinheit und auch einen sehr kräftigen Pleochroismus mit tiefblauen und gelbbraunen Tönen. Eine beginnende Zersetzung ist an den durch das Material unregelmäßig hindurchziehenden dünnen Streifen von gelblichbraunen Ausscheidungen zu erkennen. Sechsseitig umgrenzte Blättchen, teils aus Hämatit, teils aus einem grünen Glimmer bestehend, treten vereinzelt auf. Auch findet sich an manchen Stellen ein grasgrünes Zersetzungsprodukt, das nicht näher untersucht wurde. Eine schlechte Spaltbarkeit nach (010) ist wohl noch eben zu bemerken, kann aber für eine genauere Orientierung der Präparate kaum benützt werden.

An einem ersten größeren aber nicht besonders reinen Achsenpräparat (Präp. 27) wurde in Natriumlicht gemessen:

$2\,E_{na}$	a_1	b_1
$119^0\,17'$	$69^0\,32'$	$55^0\,11'$,

und mit $\beta = 1{,}5469$ (siehe unten) nach KIRCHHOFFS Formel $2\,V_{na} = 67^0\,10'$ gefunden. Ein Teil dieses großen Präparates 27 wurde bis auf 10 Minuten genau zur spitzen Bisektrix umorientiert (Präp. 28) und führte zu den Werten:

$$2\,E_{na} = 117^0\,2', \qquad 2\,V_{na} = 66^0\,55'.$$

Die Anschleifung einer in der Zone (001):(100) liegenden weiteren Fläche unter $\alpha = 28^0\,25{,}1'$ (Präp. 29) erlaubte wiederum die Bestimmung von β und γ durch Beobachtung der senkrechten Inzidenz:

$$\delta_\beta = 18^0\,59{,}2' \pm 0{,}4', \qquad \beta = 1{,}5469 \pm 0{,}0003,$$
$$\delta_\gamma = 19^0\ \ 4{,}9' \pm 0{,}2', \qquad \gamma = 1{,}5488 \pm 0{,}0005.$$

Eine Kontrollmessung nach der Minimalablenkungsmethode ergab

$$\delta_\gamma = 16^0\,16{,}5' \pm 0{,}4'. \qquad \gamma = 1{,}5490 \pm 0{,}0004.$$

Der andere Teil des zerschnittenen großen Stückes (Präp. 27) diente zur Herstellung des Prismas (Präp. 30) mit dem brechenden Winkel $\alpha = 58^0\,55{,}0'$ und mit symmetrischer Lage zum Pinakoid (010). Auch im durchgehenden Licht wurden an diesem Präparat 30 besonders gute und lichtstarke Bilder beobachtet, die folgende Werte lieferten:

$$\delta_\alpha = 39^0\,57{,}7' \pm 0{,}2', \qquad \alpha = 1{,}5406 \pm 0{,}0001,$$
$$\delta_\gamma = 40^0\,13{,}9' \pm 0{,}4', \qquad \gamma = 1{,}5479 \pm 0{,}0001.$$

Zur Kontrolle der bisherigen Bestimmungen am Cordierit vom Ibity wurde eine zweite Serie von Präparaten (Präp. 31, 32, 33, 34, 35) hergestellt. An dem roh orientierten Präparat 31 wurden folgende Werte ermittelt:

$2\,E_{na}$	a_1	b_1
$117^0\,5'$	$61^0\,29'$	$56^0\,4'$,

und aus ihnen mit einem $\beta = 1{,}5448$ (s. S. 281) gefunden: $2\,V_{na} = 66^0\,55'$. Das bis auf 10 Minuten senkrecht zur spitzen Bisektrix umorientierte Präparat 31 (Präp. 32) ließ ermitteln: $2\,E_{na} = 116^0\,51'$, woraus wiederum mit $\beta = 1{,}5448$ gefunden wurde: $2\,V_{na} = 66^0\,55'$. Über weitere Messungen an den Präparaten 33, 34 und 35 gibt Tabelle VII Aufschluß. Die Spaltbilder waren auch hier im auffallenden wie im durchgehenden Licht ausgezeichnet.

Der Cordierit vom Ibity wurde von L. DUPARC, R. SABOT und M. WUNDER (9) optisch untersucht und ergab im Natriumlicht:

$$1.\ \ 2\,V_{na} = 75^0\,4', \qquad 2.\ \ 2\,V_{na} = 70^0\,10'.$$

Das Mittel für 2 V ist: $72^0 37' \pm 2^0 27'$. Meine Messungen ergaben $2 V_{na} = 66^0 56'$ und lassen sich nicht wohl hiermit vereinigen. Eine Zusammenfassung aller im Natriumlicht gemessenen Brechungsexponenten ist wohl eher zulässig, da alle Werte ungefähr in denselben Grenzen schwanken:

α	β	γ	
1,5386	1,5439	1,5469	Duparc, Sabot, Wunder.
1,5399	1,5448	1,5482	
1,5396	1,5451	1,5485	
1,5406	1,5469	1,5483	Oppenheimer.
1,5395	1,5448	1,5475	
1,5396	1,5451	1,5479 (Mittel)	

Diese Mittelwerte für α, β, γ stimmen also ziemlich genau mit den von mir in Tabelle VII angegebenen Mittelwerten überein. Aus ihnen berechnet sich aber der von den gemessenen Achsenwinkeln um 18^0 abweichende Wert: $2 V_{na} = 84^0 18'$.

6. Cordierit von Twedestrand.

Zur Untersuchung kam ein faustgroßes, derbes, der Sammlung des Heidelberger Mineralogisch-petrographischen Instituts entnommenes Stück von dunkelblauer Farbe, dessen eine Seite von schwarzem, fest mit dem Cordierit verwachsenen fast einachsigen Glimmer bedeckt war. Die Zersetzung des Cordierits war schon ziemlich weit vorgeschritten, der Pleochroismus erschien nicht sehr deutlich, und es mußte schon ein großer Teil des Handstückes in kleine Scherben zerschlagen werden, um unter ihnen eine Auswahl zu treffen und die oben S. 263ff. beschriebene Orientierung nach dem Pleochroismus vornehmen zu können. An allen diesen kleinen Stücken war in bestimmter Richtung ein Aufblitzen zu bemerken, das nach mikroskopischen Untersuchungen von sechseckigen nach der Basis (001) eingelagerten roten Hämatitblättchen herrührte. Dünnschliffe nach der Basis zeigten schöne Zwillingslamellierung nach (110) und ($1\bar{1}0$), die sich auch als Streifung auf den Spaltflächen nach (010) mikroskopisch erkennen ließ.

Die Beschaffenheit des Materials verlangte eine mehrfache Präparation, wenn anders man Aufschlüsse von einiger Sicherheit über seine optischen Verhältnisse erlangen wollte. So

Tabelle VII.

Präparat 35 für Minimalablenkung; Brechende Kante ∥ c; Symmetrieebene ∥ (010)

Brechender Winkel: $\alpha = 60^0\,21{,}7'$

Lichtart	$2\delta_\alpha$	$2\delta_\beta$	α	β
A	81° 6.6′	82° 11.9′	1.5335	1.5399
B	81° 27.5′	82° 33.2′	1.5359	1.5419
C	81° 39.1′	82° 34.4′	1.5369	1.5429
D	82° 7.9′	83° 13.5′	1.5395	1.5455
E	82° 44.7′	83° 51.3′	1.5429	1.5490
F	83° 17.8′	84° 23.8′	1.5459	1.5519
G′	84° 12.0′	85° 17.8′	1.5509	1.5568
h	84° 44.1′	85° 51.2′	1.5538	1.5598
H	85.° 8.1′	86° 16.1′	1.5559	1.5620
K	85° 13.7′	86° 20.6′	1.5564	1.5624

Präparat 34 für senkrechte Inzidenz: Brechende Kante ∥ a; eine Fläche ∥ (001)

Brechender Winkel: $\alpha = 29^0\,32{,}4'$

Lichtart	δ_β	δ_γ	β	γ
A	19° 48.4′	19° 55.1′	1.5387	1.5413
B	19° 53.5′	20° 0.1′	1.5407	1.5432
C	19° 56.1′	20° 2.8′	1 5417	1.5442
D	20° 3.4′	20° 11.2′	1.5444	1.5474
E	20° 12.1′	20° 19.3′	1.5478	1.5507
F	20° 20.3′	20° 27.1′	1.5509	1.5535
G′	20° 33.7′	20° 40.8′	1.5560	1 5586
h	20° 41 5′	20° 49.0′	1.5589	1.5618
H	20° 47.9′	20° 54.9′	1.5614	1.5640
K	20° 49.9′	20° 56.6′	1.5621	1.5647

Präparat 33 für senkrechte Inzidenz: Brechende Kante ∥ b; eine Fläche ∥ (001)

Brechender Winkel: $\alpha = 29^0\,5{,}0'$

Lichtart	δ_β	δ_γ	β	γ
A	19° 22.2′	19° 28.9′	1.5397	1.5423
B	19° 25.8′	19° 32.0′	1.5411	1.5436
C	19° 28.3′	19° 34.7′	1.5421	1.5446
D	19° 34.7′	19° 41.1′	1.5446	1.5476
E	19° 43.9′	19° 50.8′	1.5484	1.5510
F	19° 51.9′	19° 58.6′	1.5514	1.5541
G′	20° 5.4′	20° 12.4′	1.5567	1.5594
h	20° 12.7′	20° 19.6′	1.5596	1.5623
H	20° 17.3′	20° 24.5′	1 5614	1 5642
K	20° 18.5′	20° 26.0′	1.5618	1.5647

Vereinigte Werte aus den Messungen an den Präparaten 34, 35 u. 36.

Lichtart	α	β	γ	$\gamma-\alpha$	$\gamma-\beta$	$\beta-\alpha$
A	1.5335	1.5394	1.5418	0.0083	0.0024	0.0049
B	1.5359	1.5412	1.5434	75	22	53
C	1.5369	1.5422	1.5444	75	22	53
D	1.5395	1.5448	1.5475	80	27	53
E	1.5429	1.5484	1.5509	80	25	55
F	1.5459	1.5514	1.5538	79	24	55
G′	1.5509	1.5565	1.5590	81	25	56
h	1.5538	1.5594	1.5621	83	27	56
H	1.5559	1.5616	1.5641	82	25	57
K	1.5564	1.5621	1.5647	83	26	57

wurden zunächst fünf Achsenpräparate (36, 37, 38, 39, 40) und dann noch aus einem Teil derselben die Prismen 41, 42, 43 nach der schon mehrfach beschriebenen Weise angefertigt. Die Messungen im Konometer, zum Teil in Wasser, zum Teil in Luft ausgeführt, ergaben:

Tabelle VIII.

	$2E_{na}$ ($2H_{na}$)	a_1	b_1	$2V_{na}$
Präparat 36 . .	82° 46′	42° 6′	40° 36′	68° 56′
„ 36 . .	121° 15′	61° 3′	63° 45′	68° 46′
„ 37 . .	121° 35′	63° 5′	60° 1′	68° 54′
„ 38 . .	121° 9′	60° 30′	60° 40′	68° 49′
„ 39 . .	82° 50′	47° 50′	49° 33′	70° 42′
„ 40 . .	82° 56′	45° 24′	42° 20′	70° 27′

Mittel . . . . 2 V = 69° 26′

2 V wurde teils nach der Kirchhoff'schen Formel, teils, wo die Orientierung es gestattete, nach der Snellius'schen Sinusformel (mit $\beta = 1{,}5406$, s. S. 283) berechnet. Auch hier zeigt sich wieder die schon früher beobachtete Erscheinung, daß die Achsenwinkel an Cordierit desselben Handstückes um etwa 2° verschieden ausfallen. Die Messungsergebnisse an den Prismen sind in Tabelle IX vereinigt.

Bisher wurden nur von Michel-Lévy und Lacroix (26) folgende Bestimmungen des Cordierits von Twedestrand ausgeführt, die um etwa 4 Einheiten der dritten Dezimale, also ziemlich stark von meinen Werten abweichen.

α	β	γ	
1,5320	1,5360	1,5390	Michel-Lévy und Lacroix
1,5358	1,5406	1,5428	Oppenheimer.

7. Cordierit von Orijärvi.

Die Sammlung des Heidelberger Mineralogisch-petrographischen Instituts besitzt ein etwa faustgroßes Stück des Cordierits von Orijärvi, das auf der einen Seite eine dünne Schicht von Kupferkieskriställchen trägt. Schon bei oberflächlicher Betrachtung der in kleine Scherben zerschlagenen Stufe erkannte ich die Schwierigkeit, hier brauchbares Material für die Be-

Tabelle IX.

Präparat 43 für Minimalablenkung; Brechende Kante ∥ c; Symmetrieebene ∥ (010)

Brechender Winkel: $\alpha = 60^0\ 2{,}1'$

Lichtart	$2\,\delta_\alpha$	$2\,\delta_\beta$	α	β
A	79° 50,4′	80° 44,4′	1,5308	1,5358
B	80° 11,3′	81° 4,9′	1,5327	1,5377
C	80° 21,8′	81° 15,1′	1,5337	1,5383
D	80° 49,4′	81° 42,2′	1,5363	1,5411
E	81° 24,8′	82° 19,2′	1,5395	1,5446
F	81° 55,0′	82° 49,5′	1,5423	1,5474
G′	82° 48,4′	83° 43,0′	1,5473	1,5523
h	83° 21,8′	84° 15,9′	1,5503	1,5553
H	83° 42,0′	84° 38,2′	1,5522	1,5573
K	83° 54,0′	84° 48,1′	1,5533	1,5582

Präparat 42 für senkrechte Inzidenz; Brechende Kante ∥ b; eine Fläche ∥ (001)

Brechender Winkel: $\alpha = 30^0\ 16{,}6'$

Lichtart	δ_β	δ_γ	β	γ
A	20° 45,6′	20° 30,3′	1,5349	1,5365
B	20° 30,8′	20° 37,3′	1,5369	1,5392
C	20° 33,9′	20° 40,1′	1,5380	1,5403
D	20° 40,4′	20° 47,1′	1,5404	1,5428
E	20° 50,0′	20° 57,2′	1,5442	1,5464
F	20° 58,7′	21° 4,7′	1,5470	1,5491
G′	21° 11,7′	21° 18,6′	1,5516	1,5541
h	21° 20,2′	21° 27,3′	1,5547	1,5573
H	21° 24,8′	21° 32,4′	1,5564	1,5590
K	21° 27,8′	21° 34,7′	1,5574	1,5599

Präparat 41 für Minimalablenkung; Brechende Kante ∥ c; Symmetrieebene ∥ (010)

Brechender Winkel: $\alpha = 59^0\ 31{,}5'$

Lichtart	$2\,\delta_\alpha$	$2\,\delta_\beta$	α	β
A	78° 34,5′	79° 26,1′	1,5297	1,5346
B	78° 58,1′	79° 50,0′	1,5320	1,5368
C	79° 7,0′	79° 58,6′	1,5328	1,5377
D	79° 34,1′	80° 25,8′	1,5354	1,5402
E	80° 9,5′	81° 0,9′	1,5387	1,5435
F	80° 39,1′	81° 30,8′	1,5415	1,5464
G′	81° 31,1′	82° 24,1′	1,5464	1,5514
h	82° 3,0′	82° 55,7′	1,5494	1,5544
H	82° 23,3′	83° 16,2′	1,5513	1,5562
K	82° 31,5′	83° 24,1′	1,5521	1,5569

Vereinigte Werte aus den Messungen an den Präparaten 41, 42 und 43

Lichtart	α	β	γ	$\gamma-\alpha$	$\gamma-\beta$	$\beta-\alpha$
A	1,5302	1,5351	1,5365	0,0063	0,0014	0,0049
B	1,5324	1,5371	1,5392	68	21	48
C	1,5332	1,5380	1,5403	71	23	48
D	1,5358	1,5406	1,5428	70	22	48
E	1,5391	1,5441	1,5464	73	23	50
F	1,5419	1,5469	1,5491	72	22	50
G′	1,5468	1,5518	1,5541	73	23	50
h	1,5498	1,5548	1,5573	75	25	50
H	1,5517	1,5566	1,5590	73	24	49
K	1,5527	1,5577	1,5599	72	22	50

stimmung der optischen Konstanten zu erhalten, denn die Zersetzung des Stückes war schon so weit vorgeschritten, daß nur wenige Stellen einigermaßen klar erschienen. Viele vergebliche Versuche wurden unternommen, um Achsenpräparate aus reinem Material zu gewinnen. Es gelang meistens nur solche von sehr geringer Dicke zu erhalten, die dann zur Anfertigung von Prismen freilich nicht mehr zu verwenden waren. An sechs solcher Achsenpräparate konnten die in Tabelle X angegebenen Werte gemessen werden.

Tabelle X.

	$2\,H_{na}$	a_1	b_1	$2\,V_{na}$
Präparat 44 .	91° 48′ ± 9′	39° 0′ ± 10′	54° 7′ ± 31′	77° 8′
„ 45 .	89° 51′ ± 14′	50° 36′ ± 23′	45° 3′ ± 3′	75° 25′
„ 46 .	97° 1′ ± 27′	69° 50′ ± 37′	49° 40′ ± 28′	79° 46′
„ 47 .	99° 42′ ± 10′	80° 38′ ± 24′	26° 6′ ± 36′	76° 56′
„ 48 .	95° 36′ ± 2′	51° 13′ ± 20°	44° 59′ ± 7′	79° 50′
„ 49 .	91° 24′ ± 18′	45° 20′ ± 5′	46° 16′ ± 8′	76° 40′

Mittel . . . . $2\,V_{na} = 77^\circ\,31' \pm 2^\circ\,19'$

Abermals sehen wir ein ziemlich starkes Schwanken des Achsenwinkels, das hier indessen teilweise auf die Unreinheit des Materials und die damit zusammenhängende schwierige Bestimmung zurückzuführen ist. Präparat 49 war verhältnismäßig rein und auch etwas dicker als die anderen fünf Präparate. Aus ihm konnten zwei allerdings sehr kleine Prismen mit den brechenden Kanten von 1 und 2 mm Länge (Präp. 50 und 51) orientiert geschliffen werden, die folgende Winkelwerte ergaben:

Prisma 50 für Minimalablenkung:

Brechende Kante von 1 mm Länge parallel c.
Symmetrieebene parallel (100),

$2\,\delta_\alpha = 79^\circ\,34{,}2' \pm 0{,}2'$ $\qquad 2\,\delta_\gamma = 80^\circ\,59{,}1' \pm 1{,}9'$

$\alpha = 1{,}5332$ $\qquad \gamma = 1{,}5413.$

Brechender Winkel: $\alpha = 59^\circ\,42{,}0'$;

Prisma 51 für senkrechte Inzidenz:

Brechende Kante von 2 mm Länge parallel b.
Eine Fläche parallel (001),

$$\delta_\beta = 16^0\,48{,}0' \qquad \delta_\gamma = 16^0\,53{,}9'$$
$$\beta = 1{,}5381 \qquad \gamma = 1{,}5409.$$

Brechender Winkel: $\alpha = 26^0\,27{,}4'$.

Danach sind die Brechungsexponenten:

$$\alpha = 1{,}5332, \qquad \beta = 1{,}5381, \qquad \gamma = 1{,}5411.$$

Da, wie schon gesagt, die Reinheit dieses Heidelberger Materials viel zu wünschen übrig ließ, jedoch der hohe Wert von 2 V eine weitere Untersuchung auch nach der chemischen Seite hin wünschenswert machte, so wurde Herr Prof. Dr. RAMSAY in Helsingfors um frisches Material gebeten, der diesem Wunsche auch in dankenswertester Weise entsprach. Der übersandte Cordierit von Orijärvi hatte, abgesehen von einigen etwa parallel (010) hindurchziehenden Zersetzungsbändern, ein sehr reines Aussehen, hohen Glanz und tiefblaue Farbe. Der Pleochroismus war nicht sehr kräftig.

Präparat 52, eine roh nach dem Pleochroismus orientierte Platte, und das aus dieser durch quantitative Orientierung erhaltene Achsenpräparat (Präp. 53) senkrecht zur spitzen Bisektrix konnten zur Ermittlung folgender Werte dienen:

$2\,W_{na}$	a_1	b_1	$2\,V_{na}$
96° 32′	46° 12′	50° 40′	80° 37′
94° 46′	47° 35′	47° 1′	79° 11′.

Das Mittel aus den beiden mit Hilfe eines $\beta = 1{,}5372$ (s. Tab. XII, S. 287) gewonnenen 2V-Werten ist $79^0\,54' \pm 43'$, weicht also um etwa 2° von dem wirklichen Achsenwinkel des Heidelberger Materials ab.

Präparat 53 war wegen seiner guten Orientierung und seiner Reinheit zur Bestimmung der Achsendispersion besonders geeignet, wenigstens gelang es, sie ganz sicher zu messen für die Linien B, C, D, E, während ich den Messungen bei F- und G′-Licht geringere Genauigkeit zusprechen kann:

Tabelle XI.

Lichtart	$2W_a$	n bei 20°	β (s. S. 287)	$2V_a$
B	94° 21′ ± 11′	1,3304	1,5335	79° 2′
C	94° 40′ ± 13′	1,3311	1,5347	79° 15′
D	95° 8′ ± 18′	1,3330	1,5372	79° 36′
E	95° 43′ ± 2′	1,3353	1,5402	80° 0′
F	95° 50′ ± 17′	1,3372	1,5431	80° 2′
G′	95° 36′ ± 17′	1,3404	1,5479	79° 12′

Über weitere Bestimmungen an diesem Orijärvier Material gibt Tabelle XII Aufschluß.

Die bisher an diesem Vorkommen von DES CLOIZEAUX (6) ermittelten Daten für Natriumlicht lauten:

α	β	γ	$2E_{na}$	$2V_{na}$
1,5337	1,5375	1,5400	150° 28′	77° 57′.

Sie stimmen fast genau mit den meinen überein und können daher mit ihnen zu Mittelwerten vereinigt werden. Man erhält:

α	β	γ	$2V_{na}$	
1,5337	1,5375	1,5400	77° 57′	Des Cloizeaux
1,5332	1,5381	1,5411	77° 31′	Oppenheimer
1,5330	1,5372	1,5406	79° 44′	,,
1,5333	1,5376	1,5406	78° 24′	Mittel.

8. Cordierit von Cabo de Gata.

Von diesem seltenen und wegen seines großen Achsenwinkels besonders interessanten Cordierit von Cabo de Gata besitzt das Heidelberger Institut ein abgerundetes, etwa haselnußgroßes Stückchen von hellblauer Farbe. Der Pleochroismus war wie bei allen weniger tiefgefärbten Vorkommen nicht sehr kräftig, die Reinheit dagegen ausgezeichnet. Die Orientierung bot wegen des schwachen Pleochroismus und des Mangels an Spaltflächen einige Schwierigkeit.

An einem Achsenpräparat (Präp. 56) wurde gemessen:

$2H_{na}$	a_1	b_1
104° 8′	61° 50′	44° 46′.

Tabelle XII.

		Licht-art	$2\delta_\alpha$	$2\delta_\gamma$	α	γ
Präparat 54 für Minimalablenkung: Brechende Kante ∥ c; Symmetrieebene ∥ (100)	Brechender Winkel $\alpha = 59^0\,39{,}2'$	A	78° 28.5′	79° 49.2′	1.5276	1.5353
		B	78° 48.3′	80° 9.2′	1.5295	1.5376
		C	78° 58.6′	80° 18.8′	1.5304	1.5380
		D	79° 24.8′	80° 46.7′	1.5330	1.5407
		E	79° 59.5′	81° 21.8′	1.5363	1.5439
		F	80° 30.4′	81° 53.1′	1.5391	1.5469
		G′	81° 23.3′	82° 46.9′	1.5441	1.5519
		h	81° 54.7′	83° 19.0′	1.5471	1.5549
		H	82° 15.7′	83° 41.4′	1.5490	1.5569
		K	82° 24.0′	83° 48.6′	1.5497	1.5576

		Licht-art	δ_β	δ_γ	β	γ
Präparat 55 für senkrechte Inzidenz: Brechende Kante ∥ b; eine Fläche ∥ (001)	Brechender Winkel: $\alpha = 28^0\,13{,}6'$	A	18° 14.5′	18° 21.9′	1.5329	1.5360
		B	18° 15.9′	18° 23.4′	1.5335	1.5367
		C	18° 18.8′	18° 26.3′	1.5347	1.5379
		D	18° 24.6′	18° 32.4′	1.5372	1.5404
		E	18° 31.8′	18° 39.9′	1.5402	1.5436
		F	18° 38.7′	18° 47.0′	1.5431	1.5466
		G′	18° 50.1′	18° 58.5′	1.5479	1.5514
		h	18° 57.5′	19° 5.5′	1.5510	1.5543
		H	19° 2.3′	19° 10.2′	1.5530	1.5563
		K	19° 3.9′	19° 12.1′	1.5537	1.5571

	Licht-art	α	β	γ	$\gamma-\alpha$	$\gamma-\beta$	$\beta-\alpha$
Vereinigte Werte aus den Messungen an Präparat 54 und 55	A	1.5276	1.5318	1.5351	0.0075	0.0033	0.0042
	B	1.5294	1.5335	1.5369	75	34	41
	C	1.5304	1.5347	1.5379	75	32	43
	D	1.5330	1.5372	1.5406	76	34	42
	E	1.5363	1.5402	1.5438	75	36	39
	F	1.5391	1.5431	1.5468	77	37	40
	G′	1.5441	1.5479	1.5517	76	38	38
	h	1.5471	1.5510	1.5546	75	36	39
	H	1.5490	1.5530	1.5566	76	36	40
	K	1.5497	1.5537	1.5574	77	37	40

Daraus ergibt sich mit $\beta = 1{,}5391$ (s. S. 288) nach KIRCHHOFFS Formel $2\,V_{na} = 85^0\,34'$. Präparat 56 wurde zerschnitten und der eine Teil durch Umorientierung und Anschleifen einer Prismenfläche in der Zone (001) : (100) in Präparat 57 verwandelt, an dem durch senkrechte Inzidenz β und γ bestimmt werden konnte.

An dem andern Teil (Präp. 55) erfolgte wieder die Bestimmung von α und β durch Beobachtung der Minimalablenkung. Tabelle XIII enthält die betreffenden Werte.

Die von A. Osann ebenfalls im Heidelberger Institut teil-

Tabelle XIII.

Präparat 58 für Minimalablenkung; Brechende Kante ∥ c; Symmetrieebene ∥ (010)

Brechender Winkel: $\alpha = 60^\circ\ 23{,}7'$

Lichtart	$2\,\delta_\alpha$	$2\,\delta_\beta$	α	β
A	80° 16,5′	81° 4,5′	1,5289	1,5333
B	80° 40,7′	81° 31,9′	1,5311	1,5359
C	80° 49,5′	81° 39,9′	1,5319	1,5366
D	81° 17,4′	82° 8,6′	1,5346	1,5392
E	81° 53,2′	82° 44,2′	1,5378	1,5424
F	82° 23,1′	83° 16,6′	1,5405	1,5454
G′	83° 16,0′	84° 8,7′	1,5453	1,5501
h	83° 51,0′	84° 44,9′	1,5485	1,5534
H	84° 10,1′	85° 1,8′	1,5503	1,5549
K	84° 17,6′	85° 9,9′	1,5511	1,5556

Präparat 57 für senkrechte Inzidenz; Brechende Kante ∥ a; eine Fläche ∥ (001)

Brechender Winkel: $\alpha = 32^\circ\ 13{,}3'$

Lichtart	δ_β	δ_γ	β	γ
A	22° 36,7′	22° 50,7′	1,5333	1,5376
B	22° 44,2′	22° 58,0′	1,5355	1,5398
C	22° 47,4′	23° 1,5′	1,5369	1,5409
D	22° 55,3′	23° 8,8′	1,5390	1,5432
E	23° 7,1′	23° 20,4′	1,5426	1,5468
F	23° 15,9′	23° 29,0′	1,5454	1,5494
G′	23° 31,5′	23° 45,3′	1,5502	1,5544
h	23° 40,8′	23° 54,8′	1,5531	1,5573
H	23° 46,3′	24° 0,6′	1,5547	1,5590
K	23° 47,6′	24° 1,3′	1,5551	1,5593

Vereinigte Werte aus den Messungen an Präparat 57 und 58.

Lichtart	α	β	γ	γ−α	γ−β	β−α
A	1,5289	1,5333	1,5376	0,0087	0,0043	0,0044
B	1,5311	1,5357	1,5398	87	41	46
C	1,5319	1,5367	1,5409	90	42	48
D	1,5346	1,5391	1,5432	86	41	45
E	1,5378	1,5425	1,5468	90	43	47
F	1,5405	1,5454	1,5494	89	40	49
G′	1,5453	1,5501	1,5544	91	43	48
h	1,5485	1,5533	1,5573	88	40	48
H	1,5503	1,5548	1,5590	87	42	45
K	1,5511	1,5554	1,5593	82	39	43

weise ausgeführte optische Untersuchung dieses Cordierits (29) ergab:

$2H_{na}$	$2V_{na}$	β	n
91° 6′	85° 50′	1,5438	1,7425.

Eine Zusammenfassung kann höchstens für den wirklichen Achsenwinkel geschehen, so daß $2V_{na} = 85° 42' \pm 8'$.

Eine weitere optische Untersuchung, und wenn diese übereinstimmend mit den obigen Werten ausgefallen wäre, auch eine neue Analyse, würde bei diesem Cordierit sehr erwünscht gewesen sein. Indessen gelang es mir nicht, trotz mehrfacher Bemühung, eine größere Menge reinen Materials zu erhalten. Eine von der KRANTZ'schen Mineralienhandlung bezogene und mir von der Akademie der Wissenschaften in Heidelberg überlassene Stufe tief violett gefärbten Cordierits bestand aus Körnern bis zu ½ ccm Größe, die reichlich von fest anhaftendem Quarz umschlossen und durchwachsen waren. Ihre geringe Größe und ihre Unreinheit erlaubten nur, eine Bestimmung des Achsenwinkels vorzunehmen. So wurde in einem Körnchen mit guter basaler Absonderung ein dieser Basis parallel laufendes Plättchen von ½ mm Dicke angefertigt und auf wenige Minuten genau orientiert. Einige Messungen im Natriumlicht ergaben als Mittelwert: $2W^{na} = 104° 30'$, aus dem sich mit $\beta = 1{,}5391$ (s. Tab. XIII) $2V_{na} = 86° 26'$ berechnet.

9. Cordierit vom Ural.

Neuerdings hat G. HÖVERMANN (20) zum Zwecke der Beobachtung der optischen Verhältnisse bei Einwirkung von Radiumstrahlen die Brechungsexponenten eines Cordierits vom Ural mit dem Totalreflektometer festgestellt und gefunden:

Tabelle XIV.

Lichtart	α	β	γ	$2V_a$	$\gamma-\alpha$	$\gamma-\beta$	$\beta-\alpha$
Li	1,5369	1,5429	1,5453	64° 24′	0,0084	0,0024	0,0060
Na	1,5407	1,5464	1,5486	62° 32′	79	22	57
Tl	1,5433	1,5490	1,5514	65° 20′	81	24	57

Dieser Cordierit ist also nach Achsenwinkel, Licht- und Doppelbrechung zwischen das Vorkommen von Haddam und Guilford County zu stellen.

Zusammenfassung der optischen Bestimmungen.

Zum Vergleich sind in Tabelle XV, S. 291, alle bis jetzt gemessenen optischen Konstanten des Cordierits für Natriumlicht, nach der Größe des Achsenwinkels geordnet, zusammengefaßt. Die Werte des gleichen Vorkommens sind, auch wenn sie stark voneinander abweichen, untereinander gestellt. Unter 2 W ist der Achsenwinkel in Wasser, oder bei Nr. 11 und Nr. 20 in Öl, angegeben. Der wirkliche Achsenwinkel ist überall, auch da, wo in der Literatur nur der scheinbare angegeben war, berechnet. Die nicht in der Literatur angegebenen von mir berechneten Werte sind in Klammern gesetzt.

Aus Tabelle XV ist ersichtlich, daß die Größe der Achsenwinkel über der spitzen Bisektrix wächst, wenn die Lichtbrechung abnimmt. Und zwar steigt 2 V von 40° bis 86°, während die Lichtbrechung im mittleren Werte $\frac{\alpha + \beta + \gamma}{3}$ von 1,5588 bis 1,5390, also um 0,0198 fällt. Auch bei der Doppelbrechung läßt sich trotz mancher Unregelmäßigkeit sagen, daß $\gamma - \alpha$ bei steigendem Achsenwinkel ungefähr konstant ist, $\gamma - \beta$ zunimmt, $\beta - \alpha$ abnimmt.

Alle diese Verhältnisse sollen durch die Figur 3 deutlicher gemacht werden.

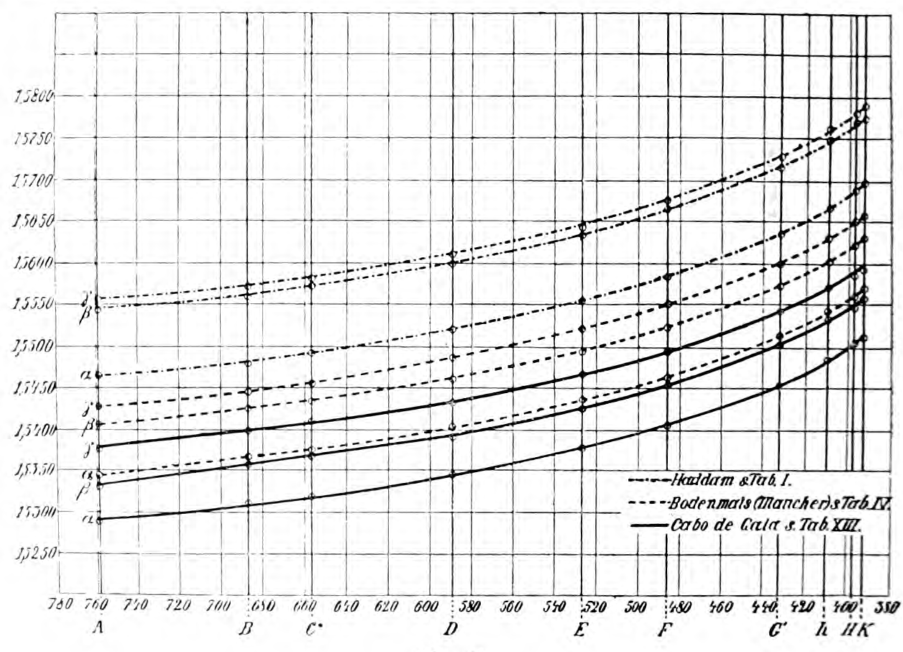


Fig. 3.

Tabelle XV.

Vorkommen	α	β	γ	$\gamma-\alpha$	$\gamma-\beta$	$\beta-\alpha$	$2 E_{na}$	$2 W_{na}$	$2 V_{na}$ aus 2 E (2W)	$2 V_{na}$ aus α, β, γ	Autor
1. Haddam	1,5523	1,5615	1,5627	0,0104	0,0012	0,0092	63° 30′	(46° 30′)	(39° 24′)	39° 36′	Des Cloizeaux
2. Haddam	1,5520	1,5599	1,5610	90	11	79	70° 30′	51° 18′	43° 26′	40° 46	Oppenheimer
3. Ural	1,5407	1,5464	1,5486	79	22	57	—	—	—	62° 38′	Hövermann
4. Guilford	1,5403	1,5460	1,5483	80	23	57	112° 26′	77° 2′	64° 57′	64° 36′	Oppenheimer
5. Ceylon	1,5377	1,5430	1,5452	74	21	53	108° 27′	75° 17′	63° 24′	64° 58′	,,
6. ,,	1,537	1,542	1,543	60	10	50	124° 44′	(84° 24′)	(71° 0′)	70° 23′	Des Cloizeaux
7. Bodenmais	1,536	1,540	1,544	80	40	40	—	—	—	—	Schmidt, Ed. (Koch-sche Präp.)
8. ,, (Maucher)	1,5400	1,5460	1,5486	86	26	60	113° 45′	77° 50′	65° 36′	66° 24′	Oppenheimer
9. ,,	1,5349	1,5400	1,5440	91	40	51	—	—	—	(83° 2′)	Zimanyi
10. ,, (Hdlbg.)	1,5332	1,5397	1,5429	97	32	65	123° 26′	89° 4′	74° 48′	69° 48′	Oppenheimer
11. ,,	1,535	1,541	1,546	110	50	60	—	(101° 16′)[1]	83° 57′	84° 28′	Des Cloizeaux
12. Ibity	1,5400	1,5458	1,5479	79	21	58	116° 38′	79° 30′	66° 56′	61° 42′	Oppenheimer
13. ,,	1,5394	1,5446	1,5479	85	33	52	(122° 24′)	(86° 39′)[2]	72° 37′	74° 0′	Duparc, Sabot, Wunder
14. Twedestrand	1,5358	1,5406	1,5428	70	22	48	122° 40′	82° 20′	69° 26′	67° 36′	Oppenheimer
15. ,,	1,532	1,536	1,539	70	30	40	—	—	—	(81° 44′)	Michel-Lévy u. Lacroix
16. Orijärvi (Hdlbg.)	1,5332	1,5381	1,5411	79	30	49	148° 42′	92° 30′	77° 31′	75° 20′	Oppenheimer
17. ,,	1,5337	1,5375	1,5400	63	25	38	150° 28′	(92° 44′)[3]	(77° 44′)	77° 57′	Des Cloizeaux
18. ,, (Helsingfors)	1,5330	1,5372	1,5406	76	34	42	161° 34′	95° 32′	79° 54′	83° 35′	Oppenheimer
19. Cabo de Gata	1,5346	1,5391	1,5432	86	41	45	—	103° 18′	85° 34′	87° 12′	,,
20. ,,	—	1,5438	—	—	—	—	—	(104° 6′)[4]	85° 50′	—	Osann
21. ,, (Krantz)	—	—	—	—	—	—	—	104° 30′	86° 26′	—	Oppenheimer

Anmerkungen: [1] Gemessen in Öl: 89° 25′. — [2] Gemessen in Bromnaphthalin: 64° 42′. — [3] Gemessen in Öl: 82° 21′. — [4] Gemessen in Mandelöl (n = 1,4725): 91° 6′.

Der Pleochroismus des Cordierits.

Der erste Forscher, der sich mit dem deutlich hervortretenden Pleochroismus des Cordierits beschäftigte, war W. HAIDINGER (14, 15). Die Veröffentlichungen geschahen in zwei, im Jahre 1846 kurz aufeinanderfolgenden Abhandlungen. In der ersten Schrift (14) gibt HAIDINGER eine Absorption $\mathfrak{c} > \mathfrak{b} > \mathfrak{a}$ an, wonach in der Richtung des kleinsten Vektors der Indikatrix das Licht am stärksten absorbiert werde. In der zweiten Arbeit (15) veröffentlicht er eine Reihe von Untersuchungen verschiedener Cordierite, aus denen das Verhältnis der Absorption $\mathfrak{b} > \mathfrak{c} > \mathfrak{a}$ hervorgeht (s. obige Figur 1, S. 262) und verbessert den Irrtum, der der ersten Veröffentlichung zugrunde gelegen habe, ausdrücklich mit der Bemerkung, er sei lediglich dem Umstande zuzuschreiben, daß bei den zuerst untersuchten Stücken die kristallographische Orientierung gefehlt habe und eine optische Orientierung unterlassen worden sei. Durch spätere in der Literatur gemachte Angaben ist eine neue Unklarheit über die Absorption bei Cordierit entstanden. So finden sich bei A. v. LASAULX über den Cordierit vom Laacher See (25) folgende Angaben:

$\mathfrak{a}$ = hellgelb, fast farblos,
$\mathfrak{b}$ = gelblich-graublau,
$\mathfrak{c}$ = leicht himmelblau,

wo man im Zweifel sein kann, ob der gelblich-graublaue oder der leicht himmelblaue Ton für die stärkere Absorption anzusprechen ist. Wahrscheinlich ist $\mathfrak{c} > \mathfrak{b} > \mathfrak{a}$ gemeint. Ferner sagt O. B. BÖGGILD (1) von dem in einem grönländischen Pegmatit von Ujordlersuak vorkommenden Cordierit:

$\mathfrak{a}$ = schwach gelblichweiß,
$\mathfrak{b}$ = lichtgraublau,
$\mathfrak{c}$ = dunkelblau,

was auch zu der Auffassung $\mathfrak{c} > \mathfrak{b} > \mathfrak{a}$ führen kann. Bei beiden Angaben handelt es sich wohl um Bestimmungen an Dünnschliffen, die aus cordierithaltigem Gestein hergestellt sind. Auch wenn die Kriställchen genau senkrecht zu den optischen Symmetrieachsen getroffen sind, so mögen bei Dünnschliffdicke die Unterschiede in den Farbentönen wohl so gering werden, daß eine Verwechslung nicht ausgeschlossen ist. Sicherlich auf

einem Irrtum beruhen die Angaben in den beiden ältesten Auflagen der ROSENBUSCH'schen Physiographie (31), die in den späteren Auflagen verbessert wurden, denn dort ist für alle erwähnten Vorkommen, nämlich von Bodenmais, Orjärvi, Arendal, Haddam, Smiutak, 𝔠 > 𝔟 > 𝔞 verzeichnet, und noch in der neuesten Auflage von DANA's System of Mineralogy (4) sowie bei HINTZE (19) findet man die gleiche ältere HAIDINGER'sche Bestimmung. Diese schwankenden Angaben in der Literatur mögen G. HÖVERMANN veranlaßt haben (20, Anm. S. 384), die Absorption des Cordierits im allgemeinen als 𝔠 > 𝔟 > 𝔞 anzunehmen und sowohl eigene Bestimmungen (𝔟 > 𝔠 > 𝔞), wie auch solche von E. HUSSAK (21), OSANN (29), BRAUNS (3), wozu dann auch noch die Angaben von DUPARC etc. (9) und H. V. GRABER (13) zu stellen wären, als Ausnahmen darzustellen. Es wird also von G. HÖVERMANN angenommen, daß verschiedenen Cordieriten nicht allein eine verschiedene Tönung der Achsenfarben zukommt, sondern daß auch zwei verschiedene Arten der Absorption auftreten. Um hierüber Gewißheit zu erlangen, habe ich an sechs von den acht untersuchten Cordieriten qualitative Absorptionsbestimmungen an dicken Präparaten gemacht. Überall wurde die Absorption 𝔟 > 𝔠 > 𝔞 gefunden. Zur genauen Festlegung der Absorptionsverhältnisse wurden von allem einigermaßen reinen und brauchbaren Material möglichst umfangreiche — 2 bis 6 mm große — Würfelchen bzw. Parallelepipede geschliffen, deren Flächen den Pinakoiden parallel laufen. Nach Feststellung der Lage der optischen Achsenebene verglich ich dann sowohl die Flächenfarben, wie auch mit Hilfe eines NIKOL'schen Prismas die Achsenfarben mit den Farbentafeln von P. KLINKSIECK und TH. VALETTE (23). Die Zahlen in Tabelle XVI, S. 294 beziehen sich auf diesen KLINKSIECK und VALETTE'schen „Code des Couleurs".

(Siehe Tabelle XVI, Seite 294.)

Chemische Untersuchungen.

In der Literatur sind wohl zahlreiche Analysen von Cordieriten der verschiedensten Fundorte angegeben, die alle eine ziemliche Übereinstimmung im Kieselsäure- und Tonerdegehalt, eine etwas größere Schwankung im Eisen- und Magnesiagehalt und auch im Wassergehalt aufweisen. Manche der Analysen wurden

Tabelle XVI.

Vorkommen	Dicke des Präparates in der Richtung der:	Flächenfarben auf: 001	100	010	Achsenfarben: a	b	c
Haddam . .	a-Achse, b- „, c- „ } 2,5 mm	462 Hellblauviolett mit einem Stich ins Graue	453 A weißlich blaugrau	472 hellblaugrau	128 A hellorange mit einem Stich ins Graue	456 dunkelblauviolett	471 hellblauviolett
Guilford . .	a-Achse, b- „, c- „ } 4 mm	476 intensiv blauviolett mit viel Violett	497 hellblaugrauviolett	222 gelblichgrau	146 hellorange	477 < b < 478 dunkelblaugrauviolett mit viel Schwarz	476 intensiv blauviolett mit viel Violett
Bodenmais .	a-Achse = 4 mm, b- „ = 5 „, c- „ = 2,5 „	477 intensiv dunkelblauviolett mit etwas Schwarz	522 hellgrauviolett m. reichlich Violett	128 D hellorange mit Stich ins Graue	128 C etwas heller	478 dunkelblauviolett mit viel Schwarz	477 < c < 478 etwas weniger Schwarz vorhanden
Ibity . . .	a-Achse, b- „, c- „ } 6 mm	477 intensiv dunkelblauviolett mit etwas Schwarz	128 C hellorange mit einem Stich ins Graue	128 D etwas dunkler	128 D ebenso	477 intensiv dunkelblauviolett mit etwas Schwarz	476 intensiv blauviolett mit viel Violett
Twedestrand	a-Achse, b- „, c- „ } 4 mm	477 < 001 < 478 dunkelblauviolett mit viel Schwarz	222 gelblichgrau mit einem Stich ins Grüne	248 dunkelgelbgrau mit einem Stich ins Grüne	242 dasselbe wie 248, doch weniger gelb	478 dunkelblauviolett mit viel Schwarz	477 intensiv dunkelblauviolett mit etwas Schwarz
Orijärvi . .	a-Achse, b- „, c- „ } 6 mm	476 intensiv dunkelblauviolett mit viel Violett	522 hellgrauviolett mit reichlich Violett	498 hellblauviolett mit viel Grau	128 C hellorange mit einem Stich ins Graue	478 dunkelblauviolett mit viel Schwarz	477 intensiv dunkelblauviolett mit etwas Schwarz

allem Anschein nach an Material von unreiner Beschaffenheit ausgeführt und lassen also den Wassergehalt sehr wohl auf Zersetzungsprodukte zurückführen, wie das bei der Aufstellung der Formeln durch RAMMELSBERG (30), SHIMIDSU (22), ROSENBUSCH-WÜLFING (32) geschehen sein mag. Andere Analysen entstammen einer Zeit, wo auf die Bestimmung der Oxydationsstufe des Eisens noch nicht allzuviel Rücksicht genommen wurde. So mag wohl in manchen Fällen alles Eisen analytisch als Fe_2O_3 bestimmt und nachher in FeO umgerechnet worden sein. Auch die Bestimmung der Alkalien ist früher nur vereinzelt vorgenommen worden, obgleich mit großer Wahrscheinlichkeit in allen Cordieriten Alkalien vorhanden sind. Eine besondere Aufmerksamkeit mußte der Frage nach dem Wassergehalt zugewandt werden, die nur durch Anwendung der besten analytischen Methoden an einwandfrei frischem Material beantwortet werden konnte. Da der jüngst verstorbene Prof. Dr. M. DITTRICH in Heidelberg die Analysen übernommen hatte, war an der Richtigkeit der Methoden nicht zu zweifeln, hat sich doch DITTRICH um die Mineralanalyse überhaupt (7) und den Ausbau der so ausgezeichneten SIPÖCZ'schen Wasserbestimmungsmethode ein besonderes Verdienst erworben (8).

Bei der Auswahl der vier der Analyse unterworfenen Cordierite von Haddam, Bodenmais, Twedestrand und Orijärvi leiteten mich besonders die optischen Befunde. Ganz besondere Schwierigkeiten stellten sich bei der Auslese von reinem Material des Cordierits von Twedestrand in den Weg. Nach Zerkleinerung eines 3 ccm großen Brockens und einiger kleinerer Stücke auf 1 mm Korngröße waren die meisten Körnchen noch mit zersetzten braunen Cordieriten verwachsen, die erst bei einer Korngröße von $^1/_2$ mm wenigstens zu einem größeren Teil getrennt werden konnten. Von der Annahme ausgehend, daß diese etwas bräunlich, gelblich, oft auch grünlich gefärbten Splitter mit der augenscheinlich beginnenden Zersetzung schon eine merkbare Änderung im spezifischen Gewicht erlangt haben könnten, wurden an diesem Pulver Trennungsversuche mit THOULET'scher Lösung und auch mit Bromoform unternommen. Indessen gelangte ich zu keinem brauchbaren Resultat und war daher gezwungen, das zur Analyse geeignete Material durch mühsames Auslesen zu gewinnen. Hierzu wurde ein angefeuchtetes, zugespitztes Streichhölzchen mit einem Körnchen in Berührung gebracht und dann

in ein Schälchen mit Wasser getaucht, wo das anhaftende Körnchen alsbald zu Boden fiel. So gelang es, nach 40 Stunden $3^{1}/_{2}$ g äußerst reines Material des Cordierits von Twedestrand zu isolieren.

Etwas leichter gestaltete sich diese Isolierung bei den drei anderen Cordieriten von Haddam, Bodenmais und Orijärvi, weil die Zersetzung das Material noch nicht so innig durchdrungen hatte. Es genügte eine Zerkleinerung auf 2—3 mm Korngröße, um verhältnismäßig schnell zu je vier Gramm vollkommen einwandfreiem Material zu gelangen. Zu der Wahl gerade dieser vier Cordierite von Haddam, Bodenmais, Twedestrand, Orijärvi sei noch bemerkt, daß sie, wie schon S. 261 gesagt, unter Berücksichtigung der daran gefundenen optischen Eigenschaften erfolgte, daß aber auch noch andere Gründe in Betracht kamen. Von dem Twedestrander Cordierit war überhaupt noch keine Analyse vorhanden, von den Cordieriten von Bodenmais und Orijärvi existieren nur ganz alte Analysen von STROMEYER (34) aus dem Jahre 1821 und von GMELIN (12) aus dem Jahre 1815. Der Cordierit von Haddam ist zwar 1892 von O. C. FARRINGTON sorgfältig untersucht worden (10), aber das an meinen Stücken bestimmte spezifische Gewicht (2,660) zeigte gegenüber dem von FARRINGTON gefundenen (2,610) eine im Verhältnis zu der geringen Abweichung der spezifischen Gewichte in der ganzen Cordieritreihe (2,571 bis 2,660) bemerkenswerte Abweichung. In der Tat war auch mein Material etwas anders zusammengesetzt, insofern dem höheren spezifischen Gewicht entsprechend auch ein etwas höherer Eisengehalt ermittelt werden konnte. Sehr erwünscht wäre noch eine Analyse des Cordierits von Cabo de Gata gewesen, weil dieses Vorkommen sich durch einen ungewöhnlich großen Achsenwinkel auszeichnet. Jedoch war es unmöglich, brauchbares Material von diesem Vorkommen zu erhalten. In der folgenden Tabelle XVII sind alle Resultate der DITTRICH'schen Analysen aufgeführt, denen zum Vergleich auch noch die FARRINGTON'schen Analysen des Cordierits von Haddam und von Guilford County (10) sowie die DUPARC, SABOT, WUNDER'sche Analyse des Cordierits vom Ibity (9) beigefügt sind.

Zu der DITTRICH'schen Analyse von Haddam (Tab. XVII, S. 297) sei bemerkt, daß die FeO-Bestimmung doppelt ausgeführt wurde und die Werte 6,63 % und 5,53 % FeO ergab. Da aber die Summe der Zahlen für FeO + MgO bei allen obigen

Analysen sehr konstant, etwa 15,5% ist, so habe ich den hiermit übereinstimmenden größeren Wert für FeO bevorzugt und ihn in der Tabelle XVII eingeführt.

Tabelle XVII.

	Haddam (Dittrich)	Haddam (Farrington)	Guilford (Farrington)	Ibity (Duparc etc.)	Bodenmais (Dittrich)	Twedestrand (Dittrich)	Orijärvi (Dittrich)
SiO_2	48,17 %	49,14 %	49,50 %	49,05 %	48,58 %	49,18 %	49,47 %
TiO_2	—	—	—	—	—	—	—
Al_2O_3	32,53 „	32,84 „	33,01 „	33,08 „	31,47 „	32,28 „	33,18 „
Fe_2O_3	1,21 „	0,63 „	0,38 „	0,83 „	1,85 „	0,08 „	1,15 „
FeO	6,63 „	5,04 „	5,12 „	4,38 „	4,90 „	4,05 „	4,53 „
MnO	—	0,19 „	0,29 „	—	—	—	—
CaO	Spur	—	—	—	Spur	—	—
MgO	8,86 „	10,40 „	10,42 „	11,04 „	10,68 „	11,25 „	10,80 „
K_2O	0,50 „	—	—	—	—	0,44 „	0,04 „
Na_2O	1,39 „	—	—	—	0,35 „	0,21 „	0,17 „
Li_2O	Spur	—	—	—	—	Spur	—
H_2O bis 110°	0,10 „	—	—	—	0,14 „	0,27 „	0,04 „
H_2O über 110°	1,12 „	1,84 „	1,62 „	1,64 „	1,82 „	2,04 „	1,16 „
Summe . .	100,51 %	100,08 %	100,34 %	100,02 %	99,79 %	99,80 %	100,54 %

Diese Analysenergebnisse gewähren mehrfach interessante Aufschlüsse über die chemische Natur des Cordierits. Es kann nicht mehr daran gezweifelt werden, daß das Eisen in beiden Oxydationsstufen, zum kleineren Teil in der Oxydstufe, zum größeren Teil in der Oxydulstufe, auftritt. Auch sind Kalium und Natrium in vielen Cordieriten vorhanden, und Lithium wenigstens spurenweise nachweisbar. Ferner ist das von FARRINGTON (10) zuerst an frischen Cordieriten gefundene Wasser hier von neuem aufgedeckt worden und wird wohl nun nicht mehr aus der Cordieritreihe verschwinden.

Wie aber lautet diese Formel im einzelnen nach den Ergebnissen der neuen Analysen? — Vereinigt man

Fe_2O_3 mit Al_2O_3,
FeO mit MgO und MnO,
K_2O mit Na_2O und H_2O,

so stellen sich die auf 100% umgerechneten Analysen und deren Molekularproportionen folgendermaßen dar:

Tabelle XVIII.

	Gewichtsprozente				Molekularproportionen			
	Haddam	Bodenmais	Twedestrand	Orijärvi	Haddam	Bodenmais	Twedestrand	Orijärvi
SiO_2	50,32 %	50,30 %	50,59 %	50,50 %	8345	8342	8389	8376
Al_2O_3	34,85 „	33,81 „	33,25 „	34,63 „	3410	3308	3254	3399
MgO	13,14 „	13,90 „	13,91 „	13,62 „	3259	3449	3449	3378
H_2O	1,69 „	1,99 „	2,25 „	1,25 „	939	1103	1250	691

Knüpft man an die bis dahin aufgestellten Cordieritformeln an, so müssen solche ohne Wassergehalt ausscheiden, oder nach dieser Richtung hin ergänzt werden. Es sind also zu streichen:

$8\ SiO_2 \cdot 3\ Al_2O_3 \cdot 3\ MgO$ Osann (29)
$7^1/_2\ SiO_2 \cdot 3\ Al_2O_3 \cdot 3\ MgO$ Rosenbusch-Wülfing I (32)
$5\ SiO_2 \cdot 2\ Al_2O_3 \cdot 2\ MgO$ Rammelsberg (30), Shimidsu (22),

und es bleibt im Anschluß an die Molekularproportionen der Tabelle XVIII nur die Entscheidung zwischen folgenden Formeln übrig:

I. $10\ SiO_2 \cdot 4\ Al_2O_3 \cdot 4\ MgO \cdot H_2O$ Farrington (10)
II. $8\ SiO_2 \cdot 3\ Al_2O_3 \cdot 3\ MgO \cdot H_2O$
III. $15\ SiO_2 \cdot 6\ Al_2O_3 \cdot 6\ MgO \cdot 2\ H_2O$.

Zum besseren Vergleich sind in Tabelle XIX diese drei besten Formeln in Gewichtsprozente umgerechnet und den Mittelwerten aus sieben Analysen gegenübergestellt.

Tabelle XIX.

	Mittel aus den sieben Analysen der Tabelle XVII auf S. 297	I. $10 SiO_2 \cdot 4 Al_2O_3 \cdot 4 MgO \cdot H_2O$	II. $8 SiO_2 \cdot 3 Al_2O_3 \cdot 3 MgO \cdot H_2O$	III. $15 SiO_2 \cdot 6 Al_2O_3 \cdot 6 MgO \cdot 2 H_2O$
SiO_2	50,40 %	50,63 %	51,98 %	50,37 %
Al_2O_3	34,14 „	34,32 „	33,04 „	34,15 „
MgO	13,69 „	13,54 „	13,04 „	13,47 „
H_2O	1,77 „	1,51 „	1,94 „	2,01 „
	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %

Die Unterschiede zwischen diesen drei Formeln sind nicht sehr bedeutend. Auch wegen der Einfachheit der Molekularverhältnisse möchte ich der Formel I

$$10SiO_2 \cdot 4Al_2O_3 \cdot 4MgO \cdot H_2O$$

den Vorzug geben. Indessen sei gleich bemerkt, daß eine einzige solche Formel die chemischen Verhältnisse bei Cordierit doch wohl nicht ganz genau wiedergeben kann, da der Wassergehalt auch bei den aus reinstem Material bestehenden Cordieriten, die den DITTRICH'schen Analysen zugrunde liegen, recht erheblichen Schwankungen unterworfen ist. F. ZAMBONINI (40) hat die Vermutung ausgesprochen, dieser wechselnde Wassergehalt sei darauf zurückzuführen, daß nur ein Teil des Wassers Konstitutionswasser, der übrige Teil aber durch irgendwelche komplizierte, noch unbekannte Vorgänge in dem Material adsorbiert sei. Diese Verhältnisse lassen sich aber wohl nur aufklären, wenn außer dem Wassergehalt auch der Gehalt an Alkalien noch bei vielen anderen Cordieriten genau ermittelt worden ist.

Ergebnisse.

Bei der geringen Schwankung in der Zusammensetzung der Cordierite ist es nicht leicht, Beziehungen zwischen dem stofflichen Bestand, dem spezifischen Gewicht und dem optischen Verhalten aufzudecken. Indessen kann man doch trotz vieler Unregelmäßigkeiten im Verlauf dieser Beziehungen so viel erkennen, daß auch hier wie bei so vielen anderen Mineralien das spezifische Gewicht mit dem Eisengehalt zunimmt. Da ferner das optische Verhalten, wie es besonders in der Größe des Achsenwinkels und der Brechungsexponenten zum Ausdruck kommt, eine zwar deutliche, aber wegen nicht genügender analytischer Untersuchungen doch nicht stetig verlaufende Funktion des Eisengehaltes ist, so muß sich auch das spezifische Gewicht verwerten lassen, um die Beziehungen zwischen Eisengehalt und Achsenwinkel aufzudecken. Die Ermittlung des spezifischen Gewichtes geschah an jeweils ungefähr zwanzig Körnern, $^1/_2$—2 mm groß, mittels THOULET'scher Lösung. Die untere Grenze wurde festgelegt, wenn 2—3 Körnchen in der Flüssigkeit schwebten und die übrigen am Boden lagen, die obere Grenze, wenn auch hier wieder wenige Körnchen schwebten, die übrigen auf der Flüssigkeit schwammen. Auf diese Weise wurden Grenzen bis

zu ± 0,005 erhalten. Bei diesen Ermittlungen ist aber die Frage, ob der Achsenwinkel von Fe_2O_3, oder von FeO, oder von beiden zusammen, also vom Element Eisen abhängt, wegen der Kürze der untersuchten Cordieritreihe — es können hier nur die DITTRICH'schen Analysen in Betracht kommen — einstweilen nicht zu entscheiden. Wir wollen die Achsenwinkel jeweils mit dem ganzen Eisengehalt vergleichen. Kleine Schwankungen wird man nicht zu hoch anschlagen dürfen, weil der ganze Verlauf der Untersuchung wohl deutlich gezeigt hat, mit welchen ungewöhnlichen Schwierigkeiten man bezüglich der Homogenität des Materials zu kämpfen hatte, kamen doch Schwankungen in den Achsenwinkeln bis zu 3° an nahe benachbarten Stellen ein und desselben Cordieritbruchstückes vor und stiegen doch diese Schwankungen bis auf 20° bei ein und demselben Fundort. Man müßte also, um die Funktion klar zum Ausdruck zu bringen, eigentlich am gleichen Stück die verschiedenen Bestimmungen vornehmen.

Bei diesen schwierigen Verhältnissen kann man sich des spezifischen Gewichtes bedienen, um mit dessen Hilfe die Beziehungen zwischen Eisengehalt und Achsenwinkel darzustellen. In der nachfolgenden Tabelle XX beziehen sich also die Zahlen für die Eisengehalte nicht immer genau auf die Werte, die rechts daneben angeführt sind, während die Zahlen für die spezifischen Gewichte sehr genau dem gleichen Material entnommen wurden, an denen auch die optischen Bestimmungen erfolgten. Man sieht

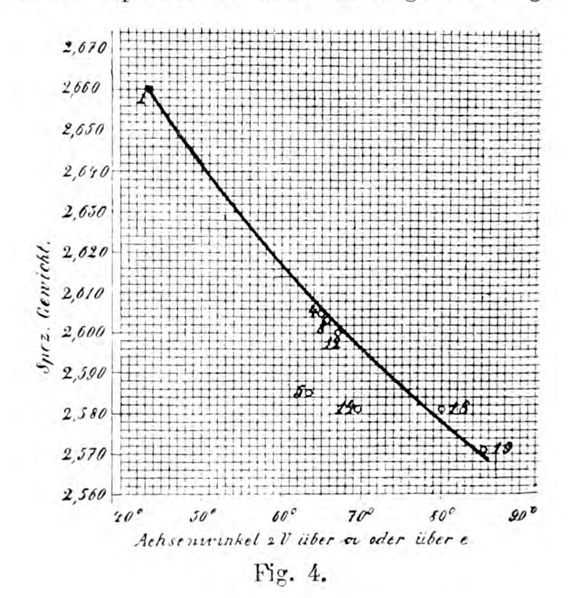


Fig. 4.

Tabelle XX.

Vorkommen	Fe_2O_3	FeO	Fe	Spez. Gewicht	für Natriumlicht					Pleochroismus
					2 V	$\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3}$	$\gamma-\alpha$	$\gamma-\beta$	$\beta-\alpha$	
Haddam	1,21 %	6,63 %	6,00 %	2,660	43° 26′	1,5576	0,0090	0,0011	0,0079	sehr schwach
Haddam (Farrington)	0,63 „	5,04 „	4,36 „	2,610	—	—	—	—	—	—
Ceylon	—	—	—	2,585	63° 24′	1,5420	74	21	53	mittel
Guilford (Farrington)	0,38 „	5,12 „	4,25 „	2,607	—	—	—	—	—	stark (Guilford (Farrington) and Guilford)
Guilford	—	—	—	2,605	64° 57′	1,5449	80	23	57	
Bodenmais	1,85 „	4,90 „	5,10 „	2,603	65° 36′	1,5449	86	26	60	stark
Ibity	—	—	—	2,600	66° 56′	1,5446	79	21	58	stark
Twedestrand	0,08 „	4,05 „	3,71 „	2,581	69° 26′	1,5397	70	22	48	mittel
Ibity (Duparc etc.)	0,83 „	4,38 „	3,99 „	2,593	72° 37′	1,5440	85	33	52	stark
Orijärvi	1,15 „	4,53 „	4,33 „	2,581	79° 54′	1,5369	76	34	42	stark
Cabo de Gata	—	—	—	2,571	85° 34′	1,5390	86	41	45	schwach

deutlich, wie mit abnehmendem spezifischen Gewicht der Achsenwinkel über $\mathfrak{a}$ größer und die Lichtbrechung kleiner wird, während die Doppelbrechung $\gamma - \alpha$ ziemlich konstant bleibt, $\gamma - \beta$ eine deutliche Zunahme, $\beta - \alpha$ eine deutliche Abnahme mit Abnahme des spezifischen Gewichtes erfährt. Man wird keine Bedenken tragen, diese klare Beziehung, die bei Ceylon und Twedestrand kleine Ausnahmen erfährt und die auch in Figur 4 einen graphischen Ausdruck erhalten hat, vom spezifischen Gewicht auf den Eisengehalt zu übertragen.

Die Dispersion der Doppelbrechung, die für den ganzen sichtbaren Teil des Spektrums, von A bis K, gemessen wurde, ist auffallend gering. Der Cordierit kann als typisches Beispiel für normale Dispersion angesehen werden.

(Siehe Tabelle XX, Seite 301.)

Die Art der Abhängigkeit des Pleochroismus von der Zusammensetzung hat sich nicht aufdecken lassen, da die Stärke des Pleochroismus, wie es scheint, schon durch ganz geringe chemische Veränderungen eine sehr bemerkenswerte Beeinflussung erfährt. Trotz aller Schwankungen in der Stärke und auch in der Art des Pleochroismus gilt aber für alle Cordierite das Absorptionsschema $\mathfrak{b} > \mathfrak{c} > \mathfrak{a}$.

Über den Bau, die Entladung und die Entwicklung der Nesselkapseln von Hydra und Porpita mediterranea nebst einigen histologischen Bemerkungen über die letztere Form.

Von **August Ewald.**
(Aus dem Zoologischen Institut der Universität Heidelberg.)

Mit 2 Tafeln und 7 Textfiguren.

Die Literatur über die Nesselkapseln der Coelenteraten ist recht umfangreich; trotzdem stehen sich die Ansichten der verschiedenen Forscher über den Entladungsprozeß und besonders die Entwicklung noch schroff gegenüber. Es sei mir verstattet, in den folgenden Zeilen einige Beiträge zur Klärung dieser Fragen niederzulegen. Ich bin mir wohl bewußt, daß ich noch viele Fragen offen lassen mußte, ja sogar die Klärung mancher, die schon gesichert schien, wieder in weitere Ferne gerückt ist. Trotzdem glaube ich einiges Neue beitragen zu können.

Ein Referat über die älteren Arbeiten auf diesem Gebiet unterlasse ich, da R. v. LENDENFELD 1897 einen zusammenfassenden Literaturbericht veröffentlicht hat. Von neueren Arbeiten sind die von K. C. SCHNEIDER, HADŽI, WILL und TOPPE die wichtigsten. Unter diesen stehen, bezüglich der Entwicklungsfrage, K. C. SCHNEIDER und WILL in schroffem Gegensatz. K. C. SCHNEIDER nimmt eine extrakapsuläre, WILL eine intrakapsuläre Entwicklung des Fadens an. Da ich nur Hydra und Porpita untersuchte, so steht mir eine Kritik der SCHNEIDERschen Hauptarbeit (1900), die sich auf die großen Kapseln von *Physophora*, *Halistemma* und anderer Siphonophoren erstreckt, nicht zu. Denn, wie schon v. KRASINSKA (1914) ausspricht, ist es bei der großen Mannigfaltigkeit der Kapselarten, sehr wahrscheinlich, daß auch ihre Entwicklung verschieden verläuft. Trotzdem scheinen mir die Figuren in SCHNEIDERS Arbeit eine Auslegung, wie sie WILL in seiner Arbeit gibt, sehr gut zu vertragen. WILL hat außer den Kapseln von Physalia auch nur solche untersucht, die jenen von Hydra ähneln. Doch besitzt auch *Physalia* nicht die riesengroßen Kapseln wie *Physophora* oder *Halistemma* usw. WILL fand bei allen von ihm untersuchten Kapseln eine intrakapsuläre Anlage des Fadens. Den äußeren Anhang erklärt er für eine Sekretbahn (einen zuleitenden Kanal), der nur das ungeformte Sekret in die Kapsel führt, um dann zu verschwinden. Eine eigene Wand soll der Kanal nicht besitzen. Dieser Kanal, sowie die erste Anlage der Kapsel soll durch Zusammentreten von Flüssigkeitsvacuolen entstehen. In die helle Substanz des kleinen

Kapselkeims wächst eine sich stark färbende Masse hinein, indem sie durch den Kanal in die Kapsel einströmt. Diese zwei Substanzen bilden nach WILLS Ansicht das ganze Material, aus dem sich die spätere Kapsel differenziert. Die eine helle, von mehr flüssigem Charakter nennt er *Cnidochylema;* die sich stark färbende, zähere Substanz dagegen *Cnidoplastin.* Das Cnidochylema soll aus dem Plasma, das Cnidoplastin aus dem Kern seinen Ursprung nehmen. Am Kapselkeim unterscheidet WILL zwei Zonen. Eine äußere, die aus Waben bestehen soll, deren Inhalt sich nicht färbt, während die Wabenwände den Ton des Plasmas annehmen, nennt er Außenkeim; die innere, die mit dem dunklen Zapfen identisch ist, der in den Keim hineinwächst, den Binnenkeim. Letzterer besitzt besondere Affinität zu Kernfarbstoffen. Der Außenkeim läßt den Teil der Kapsel frei, wo der zuführende Kanal eintritt. WILL nennt dies den Öffnungspol. Der zuführende Kanal nimmt, während die Kapsel heranwächst, bedeutend an Länge zu und legt sich in der Zelle in mehrere Windungen. Diese Windungen sollen durch spiralige Anordnung der Plasmawaben entstehen, indem der zuführende Kanal immer zwischen den Wabenreihen des Plasmas weiterwächst. Der Kanal kann aber in frühen Stadien der Entwicklung auch fehlen; dann kann das Sekret in Form mehrerer kurzer Kanäle in die Kapsel eintreten, oder auch dem Öffnungspol des Kapselkeimes als Kappe aufsitzen. In älteren Stadien soll der zuführende Kanal oft sehr lang werden (5—6 Windungen). Im einströmenden Sekret seien die zwei typischen Bestandteile, Cnidochylema und Cnidoplastin, in Form kleiner Tröpfchen getrennt vorhanden. Bei langen Kanälen wechsele ein Tröpfchen der einen mit einem der anderen Substanz ab. Bei der weiteren Entwicklung löst sich das Cnidoplastin im Cnidochylema auf, wodurch letzteres eine dunklere Färbung annimmt. Tritt die Lösung schon im Kanal auf, so strömt das Sekret in Form einer kontinuierlichen Spirale ein; wenn nicht, so sieht man einzelne dunkle Ballen in der Kapsel liegen, die aus Cnidoplastin bestehen. Diese Ballen können oftmals in der Kapsel bedeutende Größe erreichen, auch nimmt die Spirale an ihrem unteren, freien Ende an Dicke ständig zu. WILL erklärt dies dadurch, daß der eigentlichen Lösung des Cnidoplastins eine Verquellung vorangehe. Aus der Schraubenform des einströmenden Sekretes schließt er auf dessen weiche Beschaffenheit. Mit dem Aufhören der Sekretion und dem Einströmen des letzten Restes des Sekretes verschwindet der zuführende Kanal vollständig. Gleichzeitig damit verschwindet auch die Wabenstruktur des Außenkeimes. Dies erklärt WILL durch den Zusammenfluß der Wabenflüssigkeit, worauf der Außenkeim eine homogene, helle, gleichmäßig dicke Zone darstellt, die den Kapselkeim allseitig umgibt.

Nachdem die Sekretionsphase, wie WILL diesen ersten Teil der Entwicklung nennt, beendet ist, beginnt die Differenzierungsphase. Bei ihrem Beginn ist der Kapselkeim ein Bläschen mit homogener heller Wand und homogenem, sich stark färbendem Inhalt. Die Form ist im wesentlichen die der definitiven Kapsel. Das erste, was nun auftritt, ist die Stiletanlage, d. h. die Anlage der Basaldornen und der Stacheln. Erst etwas später tritt auch der Faden auf. Beide sollen sich aus spiraligen Wabenreihen entwickeln. Durch Torsion der Wabenwände des Fadens sollen dann die Schraubenlinien des definitiven Fadens entstehen. Die Verbindung

der Stiletanlage mit dem Außenkeim, das wäre also der äußere glatte Teil des Halsstücks (WILL nennt dies die Halsanlage) soll folgendermaßen entstehen. Er soll sich vom Außenkeim her, unterhalb der Deckelanlage (also am Öffnungspol) bilden und nach innen als zylindrisches Rohr um die Stiletanlage herum wachsen. Die Halsanlage soll so die Stiletanlage vom Kapselinhalt trennen und sich unterhalb von ihr mit dem Faden verbinden. — Aus dem Außenkeim geht die Kapselmembran hervor, die dreischichtig sein soll. WILL entdeckte in ihr eine mittlere Schicht (Media), die sich stark mit Osmiumsäure, Fuchsin S und Methylenblau färbt. Alle drei Schichten sollen sich vom Außenkeim herleiten. Im Deckel liegt die Sache anders; seine innerste Schicht soll sich aus einem Protoplasmazapfen bilden, der von außen in die Kapsel unter den Deckel wächst. — Ebenso gibt auch v. KRASINSKA (1914) kurz an, daß sie bei Pelagia noctiluca intrakapsuläre Fadenentwicklung festgestellt habe.

Die Explosion schreiben die verschiedenen Forscher ganz verschiedenen Kraftquellen zu. Muskelwirkung nehmen CHUN und JIKELI an; NUSSBAUM, IWANZOFF und K. C. SCHNEIDER hingegen ein quellbares Sekret. GRENACHER erklärt die Explosion aus der Elastizität der Kapselwand. WILL und TOPPE endlich verbinden diese drei Ansichten und stellen sich die Explosion folgendermaßen vor. Zuerst wirkten Muskeldruck und die Elastizität der Kapselwand bis zu dem Stadium, wo sich der Dolch auseinanderfaltet; dann aber trete die Quellungsfähigkeit des Sekretes in Aktion. WILL beschreibt neuerdings ein zweites Sekret, das seinen Sitz als spiraliges Band auf der (in der ruhenden Kapsel) Innenseite des Fadens haben soll. Dies vornehmlich soll die Umstülpung des Fadens durch seine starke Quellbarkeit hervorrufen.

Auch über die Differenzierungen der fertigen Kapsel und der Nesselzelle sind die Ansichten geteilt. Die Stiele werden als Stützfasern (HAMANN, IWANZOFF, HADŽI), als muskulös (CHUN, JIKELI, SCHNEIDER, MURBACH), als muskulös und elastisch (WILL, TOPPE, v. KRASINSKA) gedeutet. JIKELI und die Gebr. HERTWIG glauben, daß neben einer Stützfaser auch ein Nervenfortsatz an die Zelle herantrete. LIPIN erklärt die Stiele bei Polypodium hydriforme für kein besonderes morphologisches Element, sondern nur für eine Verlängerung der Zelle, die bei Aufhören des Druckes der umgebenden Zellen eingezogen werde; dasselbe behauptet JAKOBSOHN für Hydra. — Das sogenannte „*Lasso*“ wird allgemein (BEDOT, IWANZOFF, SCHNEIDER, WILL, TOPPE) als eine elastische Muskelbildung angesehen. — Das *Cnidocil* wurde zuerst von F. E. SCHULZE als Sinneshaar beschrieben. GRENACHER gibt ferner eine Röhre an, die in Falten gelegt sei, in der das Cnidocil emporsteige; TOPPE ein ähnliches Gebilde aus einzelnen Stäbchen zusammengesetzt. Eine feine Streifung um den Öffnungspol der Kapsel beschreiben GRENACHER und besonders SCHNEIDER; letzterer nennt sie „gefältelte Membran“, und glaubt bei der Entladung dem Druck dieser Membran die Abhebung des Deckels zuschreiben zu müssen. TOPPE nimmt, ebenso wie für das Cnidocil, eine Einlagerung von Stäbchen ins Protoplasma der Nesselzelle an. Eine Muskulatur um die Kapsel glaubt SCHNEIDER gefunden zu haben. IWANZOFF hält diese Bildung für eine häutige Abgrenzung des Protoplasmas gegen die

Kapsel. WILL und TOPPE beschreiben eine besondere Muskulatur im Wabenwerk des Protoplasmas, das die Kapsel umgebe. – Aus dieser Zusammenfassung erkennt man, daß die Ansichten über die Entwicklung, den Bau und die Explosion der Nesselkapseln ziemlich auseinandergehen. Ich glaube aber, daß dies besonders darauf beruht, daß der eine Forscher die Ansicht der andern, die an einem besonderen Objekt gewonnen war, durch Untersuchungen eines anderen widerlegen wollte.

Was die Technik betrifft, die ich anwandte, so habe ich sowohl Schnitte, als Mazerationspräparate angefertigt, sowie lebendes Material von Hydra untersucht. Das Material von *Porpita mediterranea*, das ich aus Neapel erhielt, war mit Sublimat oder Sublimateisessig fixiert; *Velella spirans* mit Chrompikrinsäure. Hydra fixierte ich verschieden; für Mazerationen am besten mit der APATHYschen Sublimat-Osmiumsäure, wie WILL angibt. Es ist dies, wenn man mit rohem Holzessig nachbehandelt, den man konzentriert oder auch etwas verdünnt anwenden kann, und dann etwa 14 Tage in 1% NaCl+1% Formol in H_2O mazeriert, für Entwicklungsstadien die beste Methode. Auch andere Methoden gelingen relativ gut. So mazeriert $^1/_{80}$% Chromsäure, gleichgültig, welche Fixation voranging, in 14—21 Tagen recht gut. Auch das HERTWIGsche Gemisch liefert gute Resultate. Negativ verliefen Versuche mit $^1/_3$ Alkohol, 5% Salzsäure, 3% Salpetersäure, Jodalkohol und Kochen. Wenigstens gaben sie bei der fixierten Porpita gar kein Resultat. Ebenso war der Erfolg mit starker (35%) Natron- oder Kalilauge mit sofortigem Übertragen in alkohol absolutus nicht befriedigend. Ich kehrte deshalb bei Hydra immer wieder zu der Methode WILLS, HERTWIGS oder $^1/_{80}$% Chromsäure zurück. Das Mazerieren der fixierten Porpita hatte erst nach mehrwöchentlichem Aufenthalt in Chromsäure Erfolg; und dann waren nicht mehr alle histologischen Einzelheiten zu erkennen. — Als Fixierungsflüssigkeiten für Schnitte von Hydra benutzte ich Sublimateisessig, FLEMMINGS Gemisch, Pikrinschwefelsäure, Pikrinessigsäure, 6—10% Formol, ZENKERsche Flüssigkeit und APATHYS Osmium-Sublimat-Gemisch; alle mit wesentlich gleich gutem Erfolg. Als nicht so gut erwiesen sich Chromsäure und Chromessigsäure. Gefärbt wurde bei Mazerationen, neben dem Bräunen mit Osmiumsäure und Holzessig, mit Methylenblau, Säurefuchsin und Pikrinsäure. Für die Schnitte habe ich möglichst verschiedene Methoden ausprobiert. Am geeignetsten färbte ich mit HEIDENHAINschem Eisenhaematoxylin. Sodann ist für Kerne Borax- und Alaunkarmin, für Nerven WEIGERTsches Haematoxylin recht gut. Die Entwicklungsstadien allein werden durch Fuchsin-S Pikrinsäure gefärbt, wobei aber vieles schrumpft. DELAFIELDS Haematoxylin, Haemalaun und APATHYS Haematein I^A färben zu gleichmäßig. Für manche Einzelheiten sind die Anilinfarbstoffe: Gentianaviolett, Dahliaviolett und Resorcinfuchsin recht gut; Methylgrün und Orcëin weniger. Als Nachfärbung nach HEIDENHAINS Eisenhaematoxylin benutzte ich mit gutem Erfolg Eosin, Erythrosin, sowie diese beiden zu 1:1 gemischt, ebenso BLOCHMANNsche Färbung. Weiter wurde MALLORY, sowie Chrom- und Kupferhaematoxylin mit guten Resultaten angewandt; ebenso BÜTSCHLIS Eisenhaematoxylin. Für muskulöse Teile ist 1% Haematoxylin und Übertragen in chromsaures Kali recht gut. Für Lebendfärbungen wurde Methylenblau und Neutralrot angewandt.

I. Untersuchungen an Hydra.

Beschreibung der Kapseln.

Die 4 Arten von *Hydra (grisea, fusca, attenuata* und *viridis)* waren die einzigen Objekte, die mir lebend zur Verfügung standen. *Hydra viridis* untersuchte ich nicht näher, da deren Kapseln zu klein sind, und daher zur Beobachtung ungünstig. Was TOPPE über die Bestimmung der drei grauen Hydraspecies sagt, kann ich völlig bestätigen. Am häufigsten stand mir *Hydra grisea* zur Verfügung, viel seltener *fusca*, *attenuata* nur in einigen Exemplaren. Am leichtesten sind die drei Arten an der Form ihrer großen zylindrischen Kapseln zu unterscheiden, wie TOPPE sehr richtig angibt. Denn bei *grisea* sieht man im vorderen Ende dieser Kapseln immer 4 glänzende Fadenschlingen, die senkrecht oder in einem spitzen Winkel zur Längsachse ziehen (Taf. I, Fig. 3a); bei *fusca* ist der Faden parallel zur Längsachse unregelmäßig aufgerollt und nicht glänzend (Taf. I, Fig. 3b). Die Gestalt der Kapseln beider Arten ist ziemlich dieselbe, nämlich die eines Zylinders mit abgerundeten Enden. Bei *attenuata* (Taf. I, Fig. 3c) fällt von vornherein die Form der Kapsel auf; sie ist nämlich viel breiter im Verhältnis zur Länge (Taf. I, Fig. 3c). Aber auch sie ist den zylindrischen Kapseln der zwei anderen Arten gleichzusetzen, wegen der vier glänzenden Fadenschlingen am vorderen Ende. — Auch die großen birnförmigen Kapseln unterscheiden die drei Arten. Sie sind am zierlichsten und in der Größe sehr konstant bei *Hydra fusca;* am derbsten und größten bei *Hydra attenuata; Hydra grisea* hält in der Größe die Mitte zwischen beiden; jedoch ist die Größe der Kapseln bei den beiden letzten Arten starken Schwankungen unterworfen. Die anderen beiden Kapselarten der drei Species unterscheiden sich nicht.

Wenden wir uns erst zu den großen birnförmigen Kapseln (Taf. I, Fig. 2). Ihre Gestalt ist etwa die eines Eies, dem die Spitze abgeschlagen wurde. An diesem distalen Ende ist die Kapsel durch den Deckel geschlossen. Am proximalen Gegenpol ist die Wand dünner und läuft bei *fusca* und *grisea* in eine ganz flache Spitze aus, während sie bei *attenuata* abgerundet ist. — Das Material aus dem die Kapsel besteht, halte ich für eine eiweißartige Substanz, ein sogenanntes Albuminoid, nicht für Chitin, denn die typischen Chitinreaktionen erhält man nicht. Die Kapseln werden durch Kochen mit Kalilauge aufgelöst. Dagegen

vertragen die Kapseln Verdauen mit Trypsin oder Behandeln mit 35 % kalter Natronlauge recht gut. Auch konz. Schwefelsäure greift sie nur langsam an. — WILL behauptet, daß die Kapselwand aus drei Schichten bestehe, während K. C. SCHNEIDER und die früheren Forscher sie für zweischichtig erklären. Ich werde weiter unten, bei der Besprechung der Kapselentwicklung, die Gründe angeben, warum ich die Annahme einer dreischichtigen Wand für irrtümlich halte. Ich glaube auch vorerst nicht an eine Zweischichtigkeit, da ich keine sicheren Anhaltspunkte dafür finde.

Am distalen Kapselpol (Öffnungspol) liegt der Deckel. Er hat etwa die Gestalt zweier mit ihren Basen aneinandergefügter niederer Tetraeder. In die Kapselwand ist er mit einer Verschlußrinne eingefügt. An explodierten Kapseln sieht man diese Rinne deutlich in der Höhe des Deckels, um die ganze Kapselöffnung herumziehen (Taf. I, Fig. 1 Verschlr.). Im optischen Durchschnitt zeigt daher die Kapselwand beiderseits eine deutliche Einkerbung. Bei Einstellung auf die Fläche sieht man die beiden Ränder der Verschlußrinne als scharfe parallele Linien um die Explosionsöffnung herumziehen. An explodierten Kapseln ist der Deckel fast immer noch mit der Kapsel verbunden (Taf. I, Fig. 1 Dck). Er hängt dann, meist zerfetzt, an einer Stelle des Explosionspols.

Die Verhältnisse des Fadens sind am besten an der explodierten Kapsel zu beobachten. Man kann an ihm zwei Abschnitte unterscheiden: das Halsstück und den eigentlichen Faden. Das Halsstück besteht wieder aus drei Abschnitten: Dem basalen, glatten Teil, einem bedornten, mittleren und dem distalen, konischen Zwischenstück, das sich in den eigentlichen Faden fortsetzt (Taf. I, Fig. 1). Der basale glatte Teil beginnt an der Verschlußrinne und besitzt distal von dieser noch etwa die gleiche Wandstärke wie die Kapsel, sehr bald aber wird seine Wand ganz dünn. Er trägt keine Dornen oder Haare. Ist das Sekret nach der Explosion ausgeflossen und hat dadurch der Überdruck in der Kapsel nachgelassen, so fällt dieser Teil meist etwas zusammen, so daß die Wand einige Längsfalten zeigt (s. Fig. 1). Der mittlere bedornte Teil trägt den ganzen Stachelapparat. Basal sitzen die drei großen Dornen. An sie schließen sich drei schraubige Reihen kleinerer Stacheln an. Die Basaldornen haben einen runden Querschnitt. Ihre Basis läuft in zwei Spitzen aus, wodurch sie am Halsstück befestigt sind (Taf. I, Fig. 1 und

Textfig. 1); sie sind hohl. An der normal explodierten Kapsel ist ihre Spitze immer etwas nach hinten gerichtet. — Von jedem Basaldorn geht eine Reihe von 7—10 Stacheln aus. Diese drei Reihen Stacheln verlaufen, wenn man von dem Distalende auf die Kapsel sieht, entgegen dem Sinne des Uhrzeigers schraubig um das Halsstück. Die Stacheln sind stark abgeplattet (Textfig. 1). Ihre Basen erscheinen daher wie horizontale Striche. — Die Übergangsstelle in das konische Zwischenstück ist durch eine ringförmige Wandverdickung charakterisiert (Taf. I, Fig. 1 und Textfig. 1). Im optischen Querschnitt ist sie als zwei dunkle Punkte zu erkennen, die der Fadenwand innen ansitzen. Aber auch in der Flächenansicht sieht man sie als dunkleren Querstreifen. Das konische Zwischenstück setzt sich kontinuierlich in den Faden fort. — Letzterer ist bei den großen birnförmigen Kapseln sehr fein, weshalb Einzelheiten schwer zu erkennen sind. Meinen Befunden zufolge ist er glatt und ohne weitere Differenzierungen. Toppe (09) gibt (S. 44) Mutmaßungen über die Anordnung der Stacheln in der geschlossenen Kapsel. Ich kann diese auf Grund meiner Beobachtungen bestätigen. In günstigen Mazerationspräparaten, die in Wasser oder verdünntem Glyzerin eingebettet sind, erkennt man deutlich folgendes Bild. Man denke sich (Fig. 2), den glatten basalen und den bedornten mittleren Teil des Halsstücks in die Kapsel einsinken und sich umstülpen. Die Basaldornen werden dabei mit ihren Spitzen distalwärts zusammengelegt und bilden den in jeder Kapsel deutlich wahrnehmbaren sog. Dolch (Taf. I, Fig. 2 Bdor.). Dasselbe geschieht auch mit den Stacheln; und zwar legen sich immer die sich entsprechenden Stacheln der drei Reihen zu einem kleineren Stilet zusammen (Taf. I, Fig. 2 Stch.). Diese aufeinanderfolgenden Stilete kann man deutlich in der Kapsel feststellen. Auch Toppe glaubt, ohne es gesehen zu haben, daß dies die einzig mögliche Art ist, wie die Stacheln in der Kapsel liegen können. Der Faden ist ganz umgestülpt und legt sich in horizontalen Schraubenwindungen um den Halsteil.

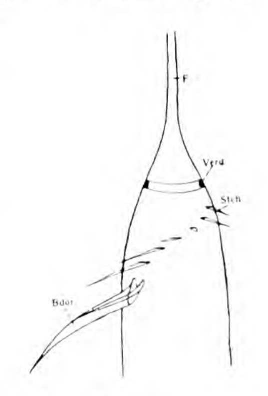


Fig. 1.
Halsstück einer großen birnförmigen Kapsel von Hydra grisea. Verd. = Verdickung; Stch. = Stacheln mit strichförmiger Basis; Bdor. = Basaldorn; F. = Faden.

Der glatte, proximale Teil des Halsstücks soll sich nach TOPPEs Ansicht fest an den dreikantigen Dolch von außen anlegen, so daß kein Lumen zwischen Halsstück und Dolch bleibe. An Aufsichtsbildern des Distalpols sieht man (Taf. I, Fig. 4) von dem Dolchquerschnitt drei feine Linien nach den drei Ecken des Deckels ziehen. Dies sind die Querschnitte durch die Wand des Halsstücks. Dieses bildet also unterhalb des Deckels drei längsgerichtete Einfaltungen, die den Dolch berühren und umfassen. Die seitliche Ansicht des Halsstücks, wie sie sich in Taf. 1 Fig. 2 Hst. darstellt, kommt dadurch zustande, daß die äußersten Ränder dieser Falten des Halsstücks in gerader Linie, von den Ecken des Deckels, oder vielmehr des Entladungspols, zu den äußersten Spitzen der Basis der drei Dolchdornen ziehen und dadurch sich etwas von den distal konvergierenden Dolchkanten entfernt halten. Das Halsstück muß also wahrscheinlich ganz sekretleer sein, und durch das es umgebende Sekret gegen den Dolch gepreßt werden.

Nach Schilderung der Kapsel, gehe ich zur Besprechung der Nesselzelle über (Fig. 2). Der große linsenförmige Kern mit Nucleolus liegt proximal von der Kapsel, oft auch etwas seitlich verschoben. Das Plasma bildet nur eine dünne Haut um die Kapsel, am Entladungspol und um den Kern jedoch eine dickere Lage und dort finden sich gewisse Einrichtungen, die bei der Entladung der Kapsel eine Rolle spielen. Schon bei oberflächlicher Betrachtung erkennt man am distalen Pol der lebenden Zelle ein feines Stiftchen, das über das Ektoderm hervorragt, das *Cnidocil.* Es sitzt seitwärts vom Deckel und nicht über ihm, wie JAKOBSOHN angibt (Taf. I, Fig. 2 Cn.). Ich füge hier die Beschreibung des Cnidocils bei, wie TOPPE sie liefert, da ich ihr nichts beizufügen habe: „Es (das Cnidocil) hat im ganzen dieselben Strukturverhältnisse aufzuweisen, die es uns bei den vorhin besprochenen Coelenteraten zeigen konnte. Ich füge hier einige Bemerkungen GRENACHERS (1895) ein: ‚Sieht man vom Entladungspol her auf günstig gelegene Nesselkapseln in der Richtung ihrer Achse, so kommen, unter der Voraussetzung zureichender optischer Hilfsmittel, die erwähnten Strukturverhältnisse zu Gesicht. Nämlich da, wo sich das Cnidocil aus der Schlotwand erhebt, zeigt sich rechts und links von demselben eine äußerst zierliche radiär gestellte Streifung, die in einiger Entfernung von ihm kürzer und undeutlicher wird, und schließlich ganz verschwindet; sie nimmt etwa $^1/_4$ und $^1/_3$ des rundlichen oder abgerundet dreieckigen Schlotumfanges ein. Diese

Streifung sieht so prägnant aus, als ob sie durch einen winzigen Stäbchenkranz hervorgerufen würde; ich glaube aber, sie ist das nicht, sondern der optische Ausdruck für eine äußerst feine Fältelung, deren Sitz die Schlotwand ist, freilich ist völlige Gewißheit darüber zur Zeit unmöglich. Auch an Profilansichten kann man sie sehen, aber mit etwas mehr Schwierigkeit; wendet man hier senkrecht zur Achse einfallendes schiefes Licht an, so kann man die feinen Linien eine Strecke weit nach hinten verfolgen bis etwas über das Deckelchen hinaus, wo sie dann spurlos verschwinden'. Grenacher gibt hier eine durchaus zutreffende Schilderung des Cnidocilapparates selbst. Zwar die vermeintliche Fältelung in der Schlotwand existiert nicht; sie wird vorgetäuscht einerseits durch eine Anzahl stärkerer Stäbchen, die in ihrer Gesamtheit das Cnidocil zusammensetzen, andererseits durch die streifenförmigen Verdickungen des Cnidoblastenrandes. Sieht man vom Entladungspol her auf den Fuß des Cnidocils, so erblickt man meistens 4 halbmondförmig nebeneinander liegende feine Stäbchen. Stellt man etwas höher ein, ungefähr in Höhe des Kapseldeckels, so findet man ihre Anzahl um 3 oder 4 vermehrt. Ob sich die Stäbchen teilen, oder ob neue kürzere zu den ersten 4 hinzukommen, kann ich nicht mit Gewißheit sagen, glaube aber, daß die zweite Annahme mehr für sich hat. Inzwischen haben sich die Stäbchen immer mehr um ein mittleres zusammengedrängt; ..... Die seitlichen Fasern, die ich als Begleitstäbchen bezeichnen möchte, hören an einer bestimmten Stelle auf und werden dann von der mittleren besonders bei den kleineren Nesselorganen stark verlängerten und spitz zulaufenden Faser, der Achsenfaser überragt. Aus dem Vorstehenden geht hervor, daß von einer wirklichen Cnidocilröhre im Sinne Jikelis keine Rede sein kann und auch die Vorstellung, wie sie Schneider vom Aufbau des Cnidocils hatte, nicht der Wirklichkeit entspricht." Man vergleiche hierzu auch meine Abbildungen (Taf. I, Fig. 2 u. 4).

Weiterhin bemerkt man in der Höhe des Deckels um den ganzen Entladungspol herum eine feine radiäre Streifung, ähnlich der am Cnidocil (Taf. I, Fig. 2 u. 4). Schneider und Grenacher hielten sie für den Ausdruck einer Fältelung. Toppe hat schon dagegen angeführt, daß man mit Heidenhainschem Eisenhaematoxylin eine distinkte Blaufärbung der einzelnen Fasern bekommt, ähnlich wie am Cnidocil. Er schließt daher auf einen Stäbchenkranz; auch ich bin dieser Meinung.

Eine abweichende Ansicht spricht neuerdings JAKOBSOHN (1912) aus. Er sieht nur 3 Cnidocilfasern. Diese drei Fasern sollen sich als dreiseitige Pyramide über den Deckel erheben, so daß die Basis der Pyramide der dreiseitige Deckel, die Kanten die 3 Cnidocilfasern bilden. Mit ihren Spitzen sollen sich letztere verbinden und so einen festen Verschluß der Kapsel bilden. Die streifenförmigen Strukturen (im Umkreise des Deckels) sollen öfters eine größere Anzahl Stäbchen vortäuschen, namentlich auf Schnitten. Was zu dem Cnidocil und was zu den Streifen zu zählen ist, darüber kann man wohl verschiedener Ansicht sein, da die Cnidocilbegleitstäbchen allmählich in die Streifung übergehen, wobei sowohl ihre größere Länge, wie auch ihre stärkere Dicke, allmählich abnehmen. Sicher aber liegen die Cnidocilfasern an der einen Seite des Deckels und nicht über dem Deckel. Auch verlöten sich ihre Spitzen nicht; sie können also keineswegs als Verschluß der Kapsel dienen, wie JAKOBSOHN das annimmt. Die Ansicht, daß das Cnidocil ein reizleitender Apparat sei, besteht also zu Recht.

In dem dünnen Protoplasmahäutchen, das die Kapsel umgiebt, haben WILL und TOPPE feine Längsmuskelfibrillen gefunden. Ich habe lange danach gesucht, aber ein einwandsfreies Bild nie finden können. Es konnten die außerordentlich feinen Längsstreifen, wie ich sie an Osmiumsäure- und Methylenblaupräparaten sah, ebensogut Falten oder Granula sein. Auch auf Heidenhain-Haematoxylin-Schnitten bekam ich nie ein sicheres Bild. Ich halte es zwar für möglich, daß bei *Hydra* ganz feine, schwache Muskelfibrillen vorhanden sind; sie stehen aber auf jeden Fall in keinem Vergleich zu jenen bei *Tubularia* oder gar *Physalia*.

Am proximalen Kapselpol liegt, wie gesagt, der Kern. Um ihn bildet das Plasma eine dickere Lage. Nach der Stützlamelle zu streckt sich das Plasma in einen Stiel, der von einem Muskelfaden durchzogen ist, welcher bis an die Stützlamelle reicht, an der er sich befestigt, wobei er sich manchmal in 2—3 Fasern zerteilt (Taf. I, Fig. 2). Man kann dies nicht so deutlich erkennen, wie etwa bei Porpita, aber an günstigen Präparaten ist es doch sicher festzustellen. Der Stiel der Hydrakapseln ist sehr fein und schwer zu sehen. Am leichtesten ist er am niedrigen Tentakelepithel zu beobachten. Am Mauerblatt gelang es mir nie einen Stiel bis zur Stützlamelle zu verfolgen. Er war immer nur ein

Stück weit sichtbar, um dann zu verschwinden. Ich glaube trotzdem, daß er auch hier bis zur Stützlamelle reicht.

Bei *Velella* wurde von Bedot, Murbach und Iwanzoff zum erstenmal ein knäuelförmiges Gebilde am unteren Kapselpol in der Nähe des Kernes gefunden. Toppe beschrieb es dann genau. Ich werde bei *Porpita* darauf näher eingehen. Will beschrieb zuerst bei *Hydra* etwas ähnliches und spricht sich darüber folgendermaßen aus: „Bei entladener Kapsel liegt die Hauptmasse des Lassos (so nennt Will das Gebilde) in lockeren Windungen unterhalb der Kapsel neben dem Kern an einer Stelle, die sich durch ihre größere Helle von ihrer leicht gebräunten Umgebung abhebt und häufig wie eine scharf umgrenzte Vacuole erscheint. Von hier aus erstreckt sich das basale Ende des Fadens in mehr gestrecktem Verlauf in den längeren oder kürzeren Stiel des Cnidoblasten, doch habe ich nie beobachten können, daß es sich etwa an die Stützlamelle anheftete." „Nach oben zu zieht das vordere Ende des Lassos in einigen eleganten Windungen an der einen Seite der Kapsel entlang — es schien in allen Fällen die dem Cnidocil gegenüberliegende Seite des Cnidoblasten zu sein — um von der Cnidocilbasis wiederum in ziemlich gestrecktem Verlauf äußerlich am Halsteil des Nesselfadens zu verlaufen. Obwohl die Färbungsintensität hier allmählich abnimmt, konnte ich es doch bis über die Ansatzstelle der großen Sperrhaken hinaus verfolgen, sodaß ich annehmen muß, daß es sich in der Gegend dieses an der Wand des Halsteils anheftet." — An Osmiumsäurepräparaten habe ich zwar verschiedentlich eine stärker gebräunte runde Scheibe am hinteren Kapselpol wahrgenommen, die einzelne Spirallinien zeigte (Taf. I, Fig. 16); aber, wie Will, bekam auch ich erst klare Bilder auf mit Heid.-Haem. gefärbten Schnitten. Man sieht auf diesen (Fig. 2) das Lasso proximal von der Kapsel in einigen Windungen aufgerollt liegen. Eine besondere Deutlichkeit der Windungen, wie sie bei *Porpita* manchmal zu beobachten ist, fand ich selten. — Jacobsohn bestreitet die Anwesenheit des Lassos. Er glaubt, daß derartige Fadenstrukturen über und unter der Kapsel durch Schrumpfung der Zelle oder auch durch das eine Ende des nicht ausgestülpten Fadens vorgetäuscht würden. Ich kann dem nur entgegnen, daß ich auch an lebensfrischen Kapseln, die mit schwacher wässeriger Methylenblaulösung vital gefärbt waren, die Windungen des Lassos mit großer Deutlichkeit sehen konnte. Hier waren sogar die Windungen besonders regelmäßig. Eine Schrumpfung war,

da die Kapseln noch lebensfrisch waren, ausgeschlossen, und da der Faden vollständig ausgestülpt war, konnte auch eine Verwechslung mit diesem nicht stattfinden. Nach meinen Befunden liegt das Band in 5—6 horizontalen Schlingen unter der Kapsel. Es setzt sich (wie bei Porpita) in den Stielmuskel fort. Entgegen den Beobachtungen von WILL sah ich an allen gut gefärbten Exemplaren den Stielmuskel an die Stützlamelle sich anheften (mit Ausnahme der Kapseln im Mauerblatt, siehe oben). WILL behauptet ferner, daß sich das Lasso an explodierten Kapseln bis über die Ansatzstelle der großen Basaldornen verfolgen lasse, was ich nie bemerkte. Ich halte dies auch für unwahrscheinlich. Denn wenn es so wäre, so müßte ja das Lasso durch den Deckel in die Kapsel eindringen, um sich am Halsteil anheften zu können. Abgesehen davon, daß dies meinen Beobachtungen zufolge nicht der Fall ist, meine ich auch, daß dann der hermetische Abschluß der Kapsel gegen Wasser mindestens fraglich, wenn nicht unmöglich wäre. Ich konnte das eine Lassoende einige Male distalwärts verfolgen; es reichte dann bis an die vordere Grenze des hinteren proximalen Kapselviertels (Taf. I, Fig. 5, L). Daß das Lasso an dieser Stelle an die Kapsel tritt, ist ja immerhin möglich; nach dem, was ich an *Porpita*, die ein viel besseres Objekt dafür ist, beobachtete, halte ich es aber nicht für wahrscheinlich.

Eine genaue Beschreibung der drei anderen Kapselarten findet man bei TOPPE. Ich verweise auf meine Figuren Taf. I, Fig. 3 u. 7. Fig. 7 zeigt die kleinen birnförmigen Kapseln in ihrer typischen Funktion. Wie TOPPE schon näher ausgeführt hat, dienen sie nämlich dazu, die Borsten von Krustazeen zu umklammern und so die Tiere bewegungsunfähig zu machen.

In seiner neuesten Arbeit (1914) beschreibt WILL ein zweites Sekret, das sogenannte Fadensekret. Es sollen die Schraubenlinien, die man an frisch explodierten Kapselfäden sieht, der Ausdruck eines kontinuierlich in Schraubenlinien um den Schlauch sitzenden Sekretes sein. Dies Sekret soll im Wasser stark quellen, sich aber darin viel langsamer lösen, als das Kapselsekret. Wenn die Kapsel zu explodieren beginnt und der erste Schraubenumgang des Fadensekretes mit dem Wasser in Berührung kommt, quillt das Sekret stark auf, weitet dadurch diesen Teil des Fadens stark auf und reißt gleichzeitig den nächsten Teil mit sich. Mit Methylenblau und Fuchsin S soll sich das Fadensekret besonders gut färben. WILL stellt also hier

ein Analogon auf zu seiner Theorie über die Klebkapseln der Aktinien. Meine Untersuchungen haben mich zu keinem ganz sicheren Ergebnis kommen lassen. Mit Methylenblau-, besser aber noch mit Fuchsin S-Färbung sieht man an den Schläuchen der zylindrischen und der kleinen birnförmigen Kapseln sehr deutliche Schraubenwindungen (Taf. I, Fig. 6a—c). An den kleinen birnförmigen Kapseln sieht man auch öfters, wie von einzelnen Punkten der Schraubenlinie lange Fäden ausgehen, die nicht wie Haare aussehen, sondern, wie WILL ganz richtig sagt, als wenn man einen Tintenkleks verwischt. An den großen birnförmigen Kapseln konnte ich die Quellleisten, wie WILL diese Schraubenlinie nennt, nur am Halsstück verfolgen. Am Faden habe ich sie nicht deutlich wahrgenommen. Meine Beobachtungen darüber waren nicht sehr zahlreich, daher kann ich nicht endgültig zu WILLs Theorie Stellung nehmen; doch scheint sie mir viel für sich zu haben.

Um eine Übersicht über die Größenverhältnisse der Kapseln zu geben und zugleich zu zeigen, daß sich die Kapseln im allgemeinen durch die Explosion nicht verkleinern, lasse ich einige Tabellen folgen.

Tabelle I. Durchschnittswerte der großen birnförmigen Kapselart bei *Hydra fusca* (aus 20 Messungen), bei *Hydra grisea* (aus 16 Messungen), bei *Hydra attenuata* (aus 10 Messungen).

Art	Kapsel	Halsstück	Faden	Gesamtlänge
fusca	10,5	11,0	320	etwa 340
grisea	16,88	16,9	250	„ 290
attenuata	18,2	18,8	?	?

Tabelle II. Maße der großen zylindrischen Kapseln von *Hydra grisea.*

Kapsel nach Explosion			vor Explosion		
Länge	Breite	Faden	Länge	Breite	
10,5	5	120	11	5,3	
12	5,3	90	11,5	5,3	
11,8	4,9	220	11	5,3	
11	4,8	200	11	5,3	
10,5	5,3	150	11	5,3	
11,06	5,05	156	11,1	5,3	Durchschnittswerte.

Tabelle III. Maße der kleinen birnförmigen Kapsel von *Hydra grisea*.

Kapsel vor Explosion		nach Explosion		
Länge	Breite	Länge	Breite	
5	5	5,3	4	
7	5,3	5,3	5	
7	5,3	5,3	4	
7	5,3	5,3	5,3	
6,6	5,2	5,3	4,6	Durchschnittswerte.

Tabelle IV. Maße der großen birnförmigen Kapsel von *Hydra grisea*.

Kapsel nach der Explosion				vor Explosion		
Kapsel		Schlauch		Kapsel		
Länge	Breite	Halsstück	Faden	Länge	Breite	
17,5	14	19,25	260	19,25	15,75	
15,75	14	16,5	195	17,5	15,75	
16,5	14	16,5	195	17,5	15,0	
17,5	14	19,3	250	17,5	15,5	
17,5	14	17,5	200	17,5	14	
15,75	14	15,75	200	17,5	15,75	
17,5	14	15	160	17,5	14	
17,5	14	15,75	230	17,5	14	
15,75	14	14,5	195	19,25	15,75	
17,5	14	17,5	280	18	15,75	
17,5	14	15,75	210	17,5	14	
17,0	15	17,5	300	17,5	14	
17,0	17	17,5	310	17,5	14	
17,5	14	15,75	250	18	15,75	
15,75	14	17,5	330	17	14	
16,5	14	17	330	18	14	
16,88	14	16,9	250	16,96	14,8	Durchschnittswerte.

Tabelle V. Maße der großen birnförmigen Kapsel von *Hydra fusca*.

Kapsel in Ruhe		Kapsel nach der Explosion				
Kapsel		Kapsel		Schlauch		
Länge	Breite	Länge	Breite	Halsstück	Faden	
10,5	7	10,5	7	12,3	350	
10,5	7	10,5	7	10,5	350	
10,5	7	10,5	7	12,5	320	
10,5	7	10,5	7	11,0	310	
10,5	7	10,5	7	12,3		
10,5	7	10,5	7	10,5		
10,5	7,5	10,5	7	10,5		
10,5	7,5	10,5	7	12,3		
10,5	7	10,5	7	12,3		
10,5	7	10,5	7	10,5	300	
10,5	7	10,5	7	10,5		
10,5	7	10,0	7	10,5		
10,5	7	10,5	7	10,5	300	
11,0	8,8	10,5	7	10,5		
10,5	7	10,5	7	10,5		
10,5	7	10,5	7	10,5		
10,5	10,5	10,5	7	10,5		
10,5	7	10,5	7	10,5		
10,5	7	10,5	7	10,5		
10,0	6	10,5	7	10,5		
10,5	7,09	10,5	7	11,0	322	Durchschnittswerte.

Die Werte sämtlicher Tabellen bedeuten μ.

Für Tabelle IV wurden nur ganz große Kapseln benutzt, um ein möglichst genaues Durchschnittsmaß für ein und dieselbe Kapsel vor und nach der Explosion zu bekommen. Die Größe der Kapseln ist nämlich beträchtlichen Schwankungen unterworfen; wenn man daher nicht ganz gleichmäßig so und so viele große entladene Kapseln und ebensoviele große ruhende Kapseln und so und so viele kleine entladene und ebensoviele kleine ruhende Kapseln mißt und den Durchschnittswert ausrechnet, dann kann man mit Leichtigkeit feststellen, daß die Kapseln nach der Explosion kleiner werden (es wäre auf diesem Wege ebensoleicht zu beweisen, daß die Kapseln nach der Explosion größer werden). Diese Tabelle kann daher nur bedingte Beweiskraft

besitzen. — Ganz klar ist dafür die Tabelle V. Denn bei *Hydra fusca* sind die großen birnförmigen Kapseln zwar etwas kleiner als bei *grisea*, dafür aber ist ihre Größe außerordentlich konstant, wie aus der Tabelle hervorgeht. Aus Tabelle V geht aber mit Bestimmtheit hervor, daß sich die großen birnförmigen Kapseln bei der Explosion nicht verkleinern. Ich kann der gegenteiligen Behauptung WILLS keinen Wert beilegen, bis er nicht seine Maßtabellen veröffentlicht. Dagegen sind seine Beobachtungen an der kleinen birnförmigen Kapsel vor und nach Explosion richtig. Das Volum dieser Kapseln geht durch die Explosion wirklich zurück! Man vergleiche meine Tabelle III. Die Kapselgröße ist ziemlich konstant, so daß keine wesentliche Fehlergröße daraus entspringt. Die Größe der Kapseln muß ja auch offenbar zurückgehen, da das Sekret den Faden, der keine Öffnungen besitzt ausfüllt und wohl auch von einer Quellung nicht die Rede ist, sondern die Kapselwand sich einfach zusammenzieht und das Sekret in den Faden preßt.

Explosion der Kapseln.

Explodiert eine Kapsel, so wird zuerst der Deckel abgehoben (ob durch Druck einer etwa vorhandenen Kapselmuskulatur?). Durch den Austritt des Dolches wird er vollends abgeworfen und meist zerfetzt. Die drei Basaldornen treten zuerst zusammengelegt hervor und schlagen in das Beutetier eine Wunde. Sobald sich nun der Halsteil, an dem die Basaldornen sitzen umstülpt, müssen die drei Dornen sich auseinanderbreiten, in der Wunde haften und diese zugleich erweitern. Sie schaffen so den kleineren Stileten, die sich, wie oben beschrieben, aus den Stacheln zusammensetzen, Platz zum Nachdrängen. Diese vertiefen und erweitern nun die Wunde und durch entsprechendes Auseinanderbreiten verankern sie die Kapseln fest in der Beute. Nun folgt der Faden soweit nach, als es die Reibung in dem Schußkanal erlaubt und das Sekret kann sich in die Wunde ergießen, indem es durch den Schlauch hindurch diffundiert. — JACOBSOHN glaubt die Explosion folgendermaßen erklären zu können. Er sieht, wie schon oben bemerkt, nur drei Cnidocilfasern; diese sollen von je einer Ecke des dreiseitigen Deckels entspringen und an ihrer Spitze verlötet sein; die eine Faser sei länger und rage als eigentliches Cnidocil in spitzem Winkel über das Ektoderm empor. Ich habe schon oben erörtert, daß JACOBSOHNS Beschreibung keineswegs

der Wirklichkeit entspricht. Er glaubt nun, daß diese drei Fasern einem Druck, der in der Kapsel vorhanden sei, das Gleichgewicht hielten. Der Druck soll in der Kapsel durch allmähliches Eindringen von flüssigem Sekret aus dem Plasma (durch Osmose) entstehen. JACOBSOHN denkt also etwa an einen umgekehrten Vorgang, wie SCHNEIDER ihn bei der Entwicklung der von ihm als Sklera bezeichneten äußeren Wand beschreibt. Bei SCHNEIDER ist es ein Austreten von Flüssigkeit aus der Kapsel und bei JACOBSOHN ein Eindringen. Nur daß bei der JACOBSOHNschen Theorie die Verhältnisse noch unmöglicher liegen als bei der SCHNEIDERschen. Denn wie sollte man es sich erklären, daß die Kapselwand zwar für das flüssige Sekret durchlässig sei, für Wasser aber nicht? Die Explosion wird nun nach JACOBSOHN folgendermaßen eingeleitet: Wenn ein Beutetier den Tentakel berührt, reißt es die drei Cnidocilfasern an der Lötstelle auseinander. Dann kann der Deckel allein dem Druck der elastischen Kapselwand nicht widerstehen und die Kapsel explodiert. Warum aber, wenn die Explosion auf solch rein mechanischen Bedingungen beruht, explodieren dann die Kapseln nicht auch, wenn ein Tentakel an irgend einen anderen festen Körper stößt; besonders aber, wie bringt es Hydra fertig, bei einem bestimmten Reiz nur ganz bestimmte Kapselarten explodieren zu lassen? Es ist doch eine bekannte Tatsache, daß bei Berührung von stachligen und borstenbesetzten Flächen nur die kleinen birnförmigen Kapseln explodieren, bei glatten Flächen nur die großen birnförmigen und zylindrischen Kapseln, obwohl die Cnidocile der kleinen birnförmigen Kapseln sehr viel länger sind als die der großen, so daß also eine glatte Fläche unbedingt zuerst die Cnidocile der kleinen birnförmigen Kapseln berühren muß, und trotzdem explodieren sie nicht! Wie will JACOBSOHN dies mit seiner Theorie in Einklang bringen? Er streitet auch den Kapseln jede Muskulatur ab, auch Stielmuskel und Lasso findet er nicht. Wenn auch ich eine Kapselmuskulatur nicht sicher auffinden konnte, so muß ich doch den Beweis JACOBSOHNs für ihr Fehlen und eine Entladung nur durch Elastizität der Kapselwand entschieden zurückweisen. Er hat eine Hydra mit absolutem Alkohol fixiert und dann auf dem Objektträger eintrocknen lassen. Sobald nun das Ektoderm einzutrocknen begann, explodierten eine Unmenge Kapseln. Das ist ganz richtig. Aber, er folgert nun daraus, daß auch ohne Muskeldruck die Kapseln sich allein durch den Druck ihrer elastischen, gedehnten Membran

entlüden. Es ist aber doch offenbar, daß durch Verdunsten des Alkohols aus dem Gewebe dieses sich stark kontrahieren muß, was man übrigens auch sehr gut unter dem Mikroskop verfolgen kann. Sobald dies eintritt, explodieren die Kapseln. Natürlich, denn jetzt wirkt ja ein außerordentlich vermehrter Druck auf sie, so daß die hemmenden Kräfte überwunden werden können. Da nun auch das Cnidocil keineswegs den Bau zeigt, den JACOBSOHN angibt, so wird dadurch seine Explosionstheorie hinfällig. Wir müssen also andere Kräfte für die Entladung verantwortlich machen.

WILL und TOPPE bemerken ganz richtig, daß der erste glatte Teil des Halsstücks sowohl für Wasser als auch das Sekret undurchlässig sein müssen. Denn in den Fällen, wo die Basaldornen nicht auseinanderweichen (WILL nennt dies „Versager“) ist das Halsstück dick bauchig aufgetrieben und weist keinerlei Falten auf. Die Kraft des quellbaren Kapsel- und des etwa vorhandenen Fadensekretes kann also erst in Wirksamkeit treten, sobald die Basaldornen sich auseinandergebreitet haben. Vorher müssen andere Kräfte tätig sein. Von den früheren Forschern wurde eine Spannung des Kapselmembran und Muskelwirkung dafür verantwortlich gemacht. Wäre die Kapselmembran elastisch gedehnt, so müßte sie nach dem Aufhören dieses Druckes, also einige Zeit nach der Explosion ihr Volum verkleinern. Da aber die oben angeführten Tabellen eine konstante Größe vor und nach der Explosion beweisen, so kann auch eine Spannung nicht vorhanden sein — ausgenommen sind hierbei die kleinen birnförmigen Kapseln. Wie es sich bei den Hydrakapseln mit den Muskeln verhält, diese Frage möchte ich noch offen lassen. Aber könnte nicht das Sekret eine Substanz von labiler Zusammensetzung sein, die dann durch den Reiz, den das Cnidocil (sowie noch gewisse Reagentien, wie Essig- oder Schwefelsäure) auf sie ausüben, ihre Konstitution verändert und dadurch einen größeren Raum einnimmt, so daß der Beginn der Explosion auch ohne Wasseraufnahme, Muskeldruck oder Spannung in der Kapsel gesichert erschiene? Ich kam zu diesem Gedanken durch die Überlegung, daß erstens die Kapsel offenbar nach der Explosion gerade so groß ist, wie vorher, daß also eine elastische Dehnung der Kapselwand vor der Explosion nicht statt haben kann, zweitens aber, daß man durch Reagentien eine aus ihrer Zelle isolierte Kapsel, die also ganz sicher der Muskeln entbehrt, zur Explosion bringen kann (was auch

HADŽI beschreibt). Es ist natürlich auch möglich, daß durch die Essig- oder Schwefelsäure die Permeabilität der Kapselwand für Wasser vergrößert wird und so Wasser in die Kapsel dringt, wie HADŽI den Vorgang auslegt. Eine Tatsache, die für diese meine Anschauung, der Volumzunahme ohne Wasseraufnahme, sprechen könnte, ist die, daß das Sekret der unreifen, der reifen ruhenden und der explodierten Kapseln auf Farben verschieden reagiert. Also muß sich das Sekret in der reifen ruhenden Kapsel in einem besonderen Zustande befinden (oder aber die Kapselwand ist eben nur bei den reifen Kapseln für Wasser vollkommen undurchdringlich, so daß sich das Sekret deshalb nicht färbt. Bei allen unreifen Stadien aber besitzt die Kapselwand noch eine gewisse Permeabilität für Wasser). Warum explodieren diese dann aber so viel schwerer, wie die reifen Kapseln? Sicher muß das Sekret eine andere Beschaffenheit haben.

Entwicklung der Nesselkapseln von *Hydra*.

Nachdem ich die reifen Kapseln und ihre Explosion beschrieben, wende ich mich zur Frage nach ihrer Entwicklung. Da die großen birnförmigen Kapseln am kompliziertesten gebaut sind, ist auch ihre Entwicklung am interessantesten. Ich will sie daher meinen Ausführungen zugrunde legen, und nur da, wo bei der Entwicklung der großen zylindrischen Kapseln sich Abweichungen darbieten, auf letztere eingehen. Die kleinen zylindrischen und die kleinen birnförmigen Kapseln wurden nur wenig untersucht, da bei ihnen die Verhältnisse, ihrer geringen Größe wegen, sehr ungünstig liegen.

Die Kapseln bilden sich, wie schon lange bekannt, in den sogen. interstitiellen Zellen. Die erste Anlage ist ein kleines helles Bläschen von 1—2 μ Länge, das im Protoplasma der Zelle liegt (Taf. I, Fig. 9a). Sein Entstehen aus dem Kern, wie MURBACH es annimmt und wie neuerdings wieder MOROFF behauptet, halte ich für nicht wahrscheinlich, da es sich gegen Kernfarbstoffe vollkommen indifferent verhält. MOROFF hat über die Entwicklung der Aktinienkapseln und zwar sowohl Nessel- als Klebkapseln gearbeitet. Er findet bei beiden eine intrakapsuläre Anlage des Fadens. Er erklärt alle Strukturentwicklungen durch Chromidienbildung, leitet also die ganze Kapsel aus dem Kern her. Da besonders die Klebkapseln der Aktinien anders gebaut sind, als die

Kapseln, die mir zur Untersuchung vorlagen, so kann ich seine Befunde keiner Kritik unterziehen.

Bei Hydra tritt, wie gesagt, zuerst ein ganz kleines helles Bläschen, als erste Anlage der Kapsel auf (Fig. 9a Est). Dies homogene Gebilde streckt sich bald in die Länge (Taf. I, Fig. 9b, Est), worauf an seinem einen Ende eine schmälere Verlängerung auftritt, ein Kanal, wie WILL erklärt, der äußere Faden der früheren Forscher (Taf. I, Fig. 9c, zK). Auf dem nächsten Stadium sieht man eine mit Kernfarbstoffen stark färbbare Masse durch diesen Kanal sich in das Bläschen erstrecken (Taf. I, Fig. 9d). WILL führte für die helle homogene Substanz des Bläschens den Namen *Cnidochylema*, für die dunkle Masse den Namen *Cnidoplastin* ein. Das Cnidochylema soll aus dem Plasma, das Cnidoplastin aus dem Kern hervorgehen. Er gibt darüber folgendes an: „Zur Bildung der Kapselanlage vereinigen sich zwei Substanzen von verschiedener Beschaffenheit, die eine von mehr flüssigem Charakter, ich nenne sie Cnidochylema, erscheint unter allen Umständen dem gefärbten Plasma gegenüber ganz hell und verhält sich den gewöhnlichen Kernfarbstoffen gegenüber gänzlich indifferent. Sie wird zuerst innerhalb von Wabenräumen des Protoplasmas bemerkt und entsteht ohne Zweifel in diesen. Jedenfalls weist nichts auf genetische Beziehungen zum Kern hin. Die andere Substanz, welche ich vorläufig als Cnidoplastin bezeichnen will, hat eine zähere Konsistenz etwa von der Beschaffenheit des Chromatins und teilt mit diesem das gleiche Tinktionsvermögen. Ihre Entstehung weist auf den Kern als Bildungsstätte hin. Schon bevor überhaupt ein Kapselkeim im Cnidoblasten entstanden ist, deutet das Auftreten von Ballen cnidoplastischer Substanz, die unter den GOLDSCHMIDTschen Begriff der Chromidien fallen, auf den beginnenden Sekretionsprozeß hin. Sie entstehen in unmittelbarer Nähe des großen Kernes, häufig Nischen desselben eingelagert und gleichen in bezug auf Aussehen und Größe durchaus ähnlichen Chromatinballen, die im Kern immer der Kernmembran angelagert sind. In vielen Fällen ist es sogar unmöglich zu sagen, ob man sie noch dem Kern oder bereits dem Protoplasma zurechnen soll." Das Cnidoplastin entspräche also den Chromidien, aus denen nach MOROFF die ganze Kapsel entsteht. Dagegen beteiligt sich nach der MOROFFschen Theorie nichts an der Bildung der Kapsel, was dem Cnidochylema gleichzusetzen wäre. — Nach meinen Beobachtungen scheint es mir möglich, daß sich auch der Kern durch

Sekretion, d. h. durch Abgeben von Chromatinsubstanz an dem Aufbau beteiligt. Denn die dunkeln Schlieren im Plasma, das Cnidoplastin und das Chromatingerüst des Kernes färben sich recht ähnlich.

Schon bei dem ersten Erscheinen des sogenannten zuführenden Kanals sieht WILL Waben. Er leitet überhaupt alle Differenzierungen der Nesselkapsel aus der Wabenstruktur des Plasmas her. Es ist mir trotz großer Mühe nicht gelungen auch nur einmal in interstitiellen Zellen oder irgendwelchen Entwicklungsstadien eine wabige Struktur des Protoplasmas wahrzunehmen. Dagegen war die Struktur der Zelle immer die einer homogenen Masse, welche von außerordentlich vielen punkt- oder strichförmigen Granula durchsetzt war. Ich trete dadurch scheinbar in strikten Gegensatz zu WILL. Aber im Grunde ist es ja wohl gleichgültig, ob der Aufbau der Kapsel sich ursprünglich aus Waben oder aus Körnern herleitet. In den Grundfragen teile ich die Anschauung WILLS vollkommen, daß sich nämlich der Faden intrakapsulär anlegt und daß der äußere Anhang der jungen Kapsel ein Sekretstrang ist, der mit dem späteren Faden nichts zu tun hat, sondern nur das Rohmaterial dazu liefert.

Das obengenannte Stadium, das aus Bläschen mit Anhang (= zuführendem Kanal WILLS) besteht, enthält also schon die zwei spezifisch unterschiedenen Bausteine, das helle Cnidochylema und den dunklen Zapfen (Taf. I, Fig. 9d), der vielleicht durch Sekretion des Kernes entsteht. Der dunkle Zapfen oder Sekretstrang hat bei Hydra eine körnige Beschaffenheit und löst sich in der Kapsel in mehr oder weniger große Ballen auf (Taf. I, Fig. 9e u. f); oder aber er tritt noch geschlossen in die Kapsel ein in langen Schraubenwindungen und zerfällt erst in ihrer Mitte oder ihrem Grunde in einzelne Ballen (Taf. I, Fig. 9f u. h). Wie WILL es beschreibt, kommt es auch vor, daß diese Ballen in der Kapsel so groß werden, daß sie unmöglich durch den zuführenden Kanal durchgehen könnten. Er schreibt dies dem Umstand zu, daß das Cnidoplastin, bevor es sich im Cnidochylema löst, stark aufquillt, wodurch der Ballen vergrößert würde. Es könnte auch sein, daß ein längeres Stück des Sekretes, wie es aus dem zuführenden Kanal austritt, sich zu einem kugligen Ballen abrundete. In dem kurzen Stück des zuführenden Kanals sieht man häufig, daß in der Mitte ein Strang dunklen Cnidoplastins verläuft, während außen herum eine Schicht Cnidochylemas zieht. Es könnte dies aber

auch eine Schrumpfungserscheinung sein, obwohl ich diese Beobachtung auch an Material machen konnte, das nicht mit Alkohol in Berührung gekommen war. — Durch stete Zufuhr dieser beiden Baustoffe wächst die Kapsel allmählich heran. Es sind dies die Stadien Taf. I, Fig. 9f—i. Die entsprechenden Stadien bildet WILL in seinen Figuren 3g—n ab. Im großen ganzen decken sich unsere Figuren. Niemals aber habe ich einen derartig langen äußeren zuführenden Kanal beobachten können, wie ihn die Figuren von WILL (besonders Fig. 3 k und i) zeigen; ausgenommen ein einzigesmal bei *Hydra attenuata*. Aber auch hier waren die Verhältnisse nicht so klar, daß man mit Sicherheit von einem kontinuierlichen Faden oder Sekretstrang reden konnte. In allen anderen Fällen entpuppte sich der scheinbare lange Sekretstrang als Schlieren oder Fäden im Zellplasma, die unter sich keinerlei Zusammenhang hatten. Es sah an vielen Präparaten auf den ersten Blick aus, als sei ein langer Anhang vorhanden. Es zogen eine Menge mehr oder weniger scharf konturierte Doppelfäden durch die Zelle (Taf. I, Fig. 8). Versuchte man aber einen Zusammenhang mit in der Nähe liegenden anderen Fäden zu finden, so ließ sich ein solcher nicht nachweisen. Die „Fadenstücke“ waren auch immer ziemlich kurz. Sie ließen sich nie über die ganze Zelle verfolgen, sondern nahmen höchstens $^1/_2$—$^1/_4$ der Zellenlänge ein. Ein weiterer Umstand, der mir die Deutung dieser Konturen als Stücke eines langen kontinuierlichen Sekretstranges für unzulässig erscheinen läßt, ist folgender: Stellt man den Tubus scharf auf die Mitte eines solchen Fadenstücks ein, so daß also die Linien a und b (s. Taf. I, Fig. 8) scharf erscheinen, und geht dann höher oder tiefer, so werden die beiden Grenzkonturen a und b unscharf und verschwinden völlig, ohne sich zu nähern, oder gar in eine zusammen zu fließen. Wären die zwei Konturen wirklich der Längsschnitt durch einen Schlauch, so müßten sie sich, je mehr man sich bei Heben oder Senken des Tubus der Tangentialebene dieses vermeintlichen Schlauches nähert, gleichfalls nähern und in der Tangentialebene zusammenfließen. Da sie dies aber nicht tun, so kann das Gebilde eben kein zusammenhängender Sekretstrang sein. Es sind diese Fäden sicherlich Material für die Kapsel, aber sie verbinden sich nicht zu langen Strängen sondern bleiben, bei Hydra wenigstens, immer kurz. Es ist natürlich nicht ausgeschlossen, daß bei den großen Siphonophorenkapseln, die überhaupt in vielem anders konstruiert sind, so lange Sekretstränge

vorkommen, wie sie etwa SCHNEIDER (1900) in seiner Arbeit abbildet. Bei Hydra aber bin ich überzeugt, daß der kontinuierliche Sekretstrang i. d. R. nicht länger als etwa $^3/_2$ der Kapsellänge wird. Dagegen sieht man häufig Körnerreihen durch das Zellplasma verlaufen, die auch zum Teil nach dem vorderen Kapselende hinziehen (Taf. I, Fig. 9 f—h und k). Also etwa so wie es WILL in seiner Fig. 3g zeichnet.

Eine Kapselmembran, entsprechend dem Außenkeim WILLS, scheint sich schon ziemlich früh anzulegen. Deutlich erscheint eine gesonderte Wand etwa auf dem Stadium 9 f, wo also die Kapsel schon eine ziemliche Größe erlangt hat. Sie legt sich aber schon viel früher an (Taf. I, Fig. 9d), ist aber dann noch äußerst zart und dünn und daher schwer zu sehen. Die Kapselmembran zeichnet sich während der Entwicklung vor dem Inhalt durch stärkeres Färbevermögen aus. Ihre starke Lichtbrechung bildet sich erst ganz zuletzt aus, wenn die Kapsel der Reife nahe ist. Noch die Wanderstadien besitzen keine so stark lichtbrechende Wand, wie die explosionsfähige reife Kapsel. Eine wabige Struktur, wie sie WILL vom Außenkeim in frühen Stadien beschreibt, konnte ich nie beobachten. Auch ist meinen Erfahrungen gemäß der Außenkeim nicht heller, sondern im Gegenteil dunkler als der Binnenkeim (s. darüber weiter unten).

Die Kapsel wächst inzwischen mehr und mehr heran. Zugleich bemerkt man, daß sich, während des Einströmens des Sekretes, die vorher helle Grundsubstanz des Binnenkeims immer stärker färbt. Ich vertrete dieselbe Anschauung wie WILL, daß dies durch das allmähliche Gelöstwerden des Cnidoplastins im Cnidochylema bedingt ist. Denn Hand in Hand mit der Zunahme der Tingierbarkeit des Cnidochylemas nimmt die Menge der Cnidoplastinballen ab und schließlich zeigt der Binnenkeim eine völlig homogene Beschaffenheit (Taf. I, Fig. 9k). Gleichzeitig damit hat die Sekretion der Zelle aufgehört und der zuführende Kanal verschwindet, entsprechend dem Einströmen des letzten Sekretrestes.

Die Kapsel hat, wenn der Sekretstrang eingeströmt ist, ihre definitive Form ziemlich erreicht. Die weiteren Differenzierungen bilden sich nun im homogenen Inhalt der Kapsel. WILL nennt diesen Abschnitt der Entwicklung die Differenzierungsphase. Das erste, was sich bildet, ist in den weitaus meisten Fällen der Dolch (d. h. die Basaldornen und die Stacheln). In der Regel beginnt die Dolchbildung schon etwas, bevor der Sekretstrang

vollständig verschwunden ist. Es kommt aber auch vor, daß sich der Faden vor dem Dolch anlegt. In einigen Fällen habe ich einen schon ziemlich weit ausgebildeten Faden gesehen, bevor der Dolch angelegt war (Taf. I, Fig. 9m), dies aber war selten. Das erste Stadium der Dolchbildung, das ich als solches eindeutig feststellen konnte, war wie ein aus zwei Fäden zusammengedrehter Zopf gebildet (Taf. I, Fig. 9n, Do und 10c). Ich glaube aber annehmen zu dürfen, daß ein noch früheres Stadium der ein kleiner, dunkler, scharf umgrenzter Punkt ist, den man mit großer Regelmäßigkeit am distalen Kapselende findet, und zwar auf dem Stadium, wo sich das Sekret gerade in die Kapsel zurückzuziehen beginnt (Taf. I, Fig. 9g—i und 10a, D). Bestärkt wurde ich in dieser Meinung durch einen einmaligen Befund. Die Kapsel war auf demselben Stadium, aber der Punkt hatte proximal einen rechtwinklig umgebogenen Fortsatz (Taf. I, Fig. 10b). Wenn man sich vorstellt, daß noch ein zweiter derartiger Fortsatz auftritt und beide beim Wachstum Winkel miteinander bilden, so ist das Bild der Schraube leicht zu bekommen. Die einzelnen Windungen der Schraube werden nun flacher und so entsteht ein stabförmiges Gebilde. Auf seiner Oberfläche sieht man noch deutlich die Schraubenlinien verlaufen (Taf. I, Fig. 9o und 10d). Hierauf verbreitert sich die distale Spitze an ihrer Basis, ebenso wird auch das proximale Ende breiter, wobei jedoch die Schraubenlinien immer noch deutlich zu sehen sind. Der Dolch erhält so die Form einer Lanzenspitze (Taf. I, Fig. 9p und 10e). Der Lanzenschaft, um bei dem Bilde zu bleiben, verlängert sich bedeutend, unter Zunahme der Zahl der Schraubenumgänge (Taf. I, Fig. 9g und 10f), so daß der Dolch in diesem Stadium $^3/_4$ der Kapsellänge einnehmen kann. — Nun wächst er zu seiner definitiven Gestalt aus. Die dreikantige Spitze verlängert und verbreitert sich bedeutend und bildet so die endgültigen Basaldornen; der Stiel wächst in die Breite und bildet nach seiner Innenseite zu die Stacheln aus, wobei man jedoch noch fast bis zuletzt der Ursprung aus den Schraubenlinien erkennen kann (Taf. I, Fig. 9r und 10g). Ist der Dolch ganz fertig, so verschwindet auch die letzte Spur des schraubigen Baues. An günstigen Präparaten sieht man aber den Aufbau der aufeinanderfolgenden Teile (Basaldornen und Stacheln) sehr deutlich (Taf. I, Fig. 2). Da Will alle Strukturen der Kapsel auf Waben zurückführt, so tut er dies auch für den Dolch. Und zwar sollen sich die Waben

um eine dunklere Achsenlinie schraubig anordnen. Wie sonst konnte ich auch hier niemals Waben feststellen. Im Gegenteil war die Dolchanlage auf allen Stadien hyalin; auch war niemals ein Achsenstrang wahrzunehmen.

Ebenso muß ich auch die Bildung des Fadens aus Waben bestreiten. Es werde von den ersten Anfängen bis zur fast völligen Ausbildung, wo er gleichmäßig dick und hyalin wird, eine Entstehung aus Körnerreihen verfolgt. Im homogenen Inhalt der Kapsel treten kleine Körnchen auf, die in Schraubenlinien der Kapselmembran anliegen (Taf. I, Fig. 9m, n, p, q, r). Diese Körnchen verbinden sich nach und nach miteinander und verschmelzen so zu einem einheitlichen Faden. Man kann diese Verhältnisse besonders gut bei den großen zylindrischen Kapseln von *Hydra attenuata* studieren. Hier färbt sich das Sekret nur wenig, weshalb die Körnerreihen sehr deutlich hervortreten (Taf. I, Fig. 11). Was Will über die Fadenbildung bei *Physalia* sagt, kann ich nicht nachprüfen und lasse es daher dahingestellt, ob sich der Faden hier nicht vielleicht doch aus Waben bildet.

Sehr merkwürdige Ansichten vertritt Will in Betreff der Bildung des Halsstücks. Es soll am distalen Kapselpol vom Außenkeime her ein zylindrisches Rohr in das Kapsellumen um den Dolchapparat einwachsen und sich unterhalb des Dolchapparates mit dem Faden verbinden. Und zwar soll diese Mantelzone oder Halsanlage, wie Will das Gebilde nennt, den Dolchapparat als heller Saum umgeben. Was Will da gesehen hat, ist meiner Ansicht nach eine optische Erscheinung. Dieser helle Saum ist tatsächlich da. Schon auf ganz frühen Stadien der Dolchbildung sieht man ihn. Geht man aber mit dem Tubus etwas in die Höhe, so wird der helle Saum auf einmal ganz dunkel und umgrenzt als scharfe Linie die Dolchanlage (Taf. I, Fig. 12a und b). Es ist somit dieser helle Saum wohl nur eine Beugungserscheinung, die dadurch auftritt, daß der Dolch das Licht stärker bricht, als das Sekret. Ebenso zeigt sich die Abgrenzung des ganzen Entwicklungsstadiums gegen das Zellplasma und der Zelle gegen das umgebende Medium, bei tiefer Einstellung als ein heller Saum, bei höherer als eine scharfe dunkle Linie. Auch der „helle Hof" (wie Murbach ihn nennt) ist nur eine Beugungserscheinung, wie der Saum um die Dolchanlage und gibt kein richtiges Bild der etwa vorhandenen Differenzierungen. Daß der Dolch und die ganze Kapsel sich scharf gegen die Außenwelt abgrenzt ist ja natürlich und zwar ist das

rechte Bild dieser Abgrenzung die dunkle scharfe Umrandung (Taf. I, Fig. 12b). Wir dürfen nach diesem Bild wohl sagen, daß das Entwicklungsstadium eine distinkte dünne Wand besitzt, und ebenso, daß sich die Dolchanlage scharf gegen das Sekret abgrenzt. Aber keineswegs darf man behaupten, daß diese dunkle, scharfe Grenzlinie um den Dolch die Anlage des Halsstücks sei! WILL behauptet ferner, daß auf Schnitten, die mit Alaunkarmin und Orange G gefärbt wurden, die sogenannte Mantelzone als gelber Saum besonders scharf hervortrete, und daß Mantelzone und Außenkeim sich in gleicher Weise gelb färbten, während das übrige Entwicklungsstadium rot gefärbt sei. Ich finde auf so behandelten Schnitten genau dasselbe Bild, wie sonst auch. Wie sich in seinen Einzelheiten das Halsstück nun wirklich bildet, ist auch mir nicht klar geworden. Man sieht nur auf Stadien (wie Taf. I, Fig. 9r), daß die zwei Randkonturen des Halsstücks schon da sind. Ebenso kann man sie in dieser Zeit oft auf der einen Seite sehen, während sie auf der anderen fehlen. Am wahrscheinlichsten dünkt mir das Hervorgehen des Halsstücks aus schraubigen körnigen Bändern, die denen des Fadens ähnlich sind (Taf. I, Fig. 17). Man sieht nämlich bei ganz reifen Kapseln, die mit Methylenblau gefärbt sind, 4—6 Schraubenlinien um das Halsstück verlaufen. Bestimmter wage ich mich darüber nicht auszusprechen, da man gute Flächenbilder des Halsstücks nur selten zu sehen bekommt.

Ebenso kann ich WILLs Ansicht über die Entstehung des Deckels und der Dreischichtigkeit der Kapselwand nicht teilen. Die angebliche Dreischichtigkeit halte ich ebenso für eine optische Erscheinung. WILL unterscheidet in der Wand der Außenschicht, Media und Innenschicht. Die Media soll sich besonders intensiv mit Osmiumsäure, Fuchsin S und Methylenblau färben, also tiefbraun, tiefrot und tiefblau auf je braunem, rotem und blauem Grunde erscheinen. Es entsteht in jedem Falle also das Bild der Textfig. 2b: Eine dicke dunkle Mittellinie (c) begrenzt von zwei hellen gleichmäßig dicken Zonen (a und a), die nach außen und innen wieder eine feine dunkle Grenzlinie (b, b) zeigen. Dasselbe Bild bekommt man, wenn man sich eine Emulsion von Öltropfen in Sodalösung herstellt. Auch hier (Textfig. 2a) ist jeder der kleinen Öltröpfchen mit einer dunklen Mittelkontur umgeben, die auf jeder Seite einen hellen, scharf und dunkel begrenzten Saum trägt. (Näheres über diese sogenannten Beugungserscheinungen findet man in BÜTSCHLIs Untersuchun-

gen über Strukturen.) Wie man auf Textfig. 2 sieht, decken sich die beiden Figuren vollständig. Ja, noch weitere Analogien lassen sich finden. Bei größeren Öltröpfchen sieht man bei gewisser Einstellung folgendes Bild. Der scharfe dunkle Mittelkontur hat dann nach innen keinen hellen Saum; dagegen wechseln nach außen mehrere helle Bänder mit dunklen scharfen Linien ab und es erscheinen so mehrere parallele Beugungslinien, die, nach außen zu immer schwächer werdend, allmählich verschwinden. Man kann bei größeren Tropfen 4—5 solcher Linien leicht unterscheiden. Ganz dieselbe Erscheinung sieht man an den Entwicklungsstadien bei einer gewissen Einstellung. Man findet ebensolche konzentrische Beugungslinien (2—3) um den Dolch, um das Entwicklungsstadium und endlich um die ganze Zelle (Taf. I, Fig. 13a und b). Daß diese Beugungserscheinungen, sowohl an frischem Material, als auch an gefärbten Präparaten auftreten, ist ja selbstverständlich. Denn die Eigenschaft der Kapsel das Licht stärker zu brechen wie Wasser, wird doch durch Färben und Fixieren nicht verändert. Ich glaube demnach, daß Will keineswegs einen genügenden Beweis für die Dreischichtigkeit der Kapsel erbracht hat. Die früheren Forscher nahmen einstimmig eine doppelschichtige Kapsel an. Ich möchte hierzu folgendes bemerken. In den Fällen, wo die ruhende Kapsel und ihr Inhalt stark geschrumpft waren, die also den Figuren von Schneider entsprachen, wo die sogen. Propria sich von der Sklera abgehoben haben soll, sah es vielmehr so aus, als habe sich das Sekret von der Wand zurückgezogen und liege durch die Reagentienwirkung nunmehr als feste Substanz frei in der Kapsel. Natürlich zeigt dann das Sekret einen dunkleren Randkontur, den man wohl als eine zweite Schicht der Kapselwand deuten könnte. An explodierten Kapseln aber, die kein Sekret mehr enthalten, das zu solchen Täuschungen Anlaß geben könnte, bemerkt man nie eine solche abgehobene Innenschicht, auch wenn die Kapsel vollkommen deformiert ist. Ich halte es daher für unwahrscheinlich, daß bei *Hydra*, und dasselbe gilt für *Porpita*, die Kapselwand mehrschichtig sei. Da sich das Halsstück in ähnlicher Weise bildet, wie der Faden, so ist seine Impermeabilität für Wasser und das Sekret allerdings merkwürdig. Aber meines Erachtens bietet dies doch keinen direkten Widerspruch zu meiner Ansicht. Denn wenn

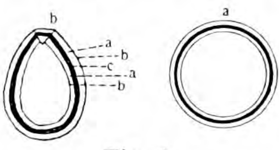


Fig. 2.

a Öltropfen, b große birnförm. Kapsel von Hydra.

auch das Halsstück und der Faden sich aus demselben Sekret bilden, so können sie doch in diesem Punkte verschiedene Endprodukte sein.

Die innerste Schicht des Deckels soll nach WILLS Ansicht nicht mit der innersten Schicht der übrigen Kapselwand die gleiche Entstehung haben; sondern diese soll als ein Zapfen vom Zellplasma aus einwandern. Ich kann dazu nur bemerken, daß die Verhältnisse zu klein sind, um feststellen zu können, was unter, in oder über dem Deckel liegt. Man sieht gewiß öfter einen dunklen Streifen in der Deckelgegend, etwa wie WILL es in seiner Fig. 7 zeichnet, aber ich konnte nie sicher entscheiden, ob er gerade in der Höhe des Deckels lag oder nicht. Es handelt sich ja hier um Unterschiede von etwa 1 μ und dabei muß man bedenken, daß solch dunkle Konturen auch schon bei einer etwas höheren oder tieferen Einstellung scharf erscheinen, so daß hierdurch ihre ganz genaue Lage um so schwerer zu bestimmen ist. Soweit ich klar werden konnte, bildet sich der Deckel folgendermaßen. Beginnen kann die Bildung des Deckels erst, nachdem das Sekret vollständig in die Kapsel aufgenommen wurde. Man sieht nun, besonders gut auf Schnitten, die mit BÜTSCHLIS oder HEIDENHAINS Eisenhaematoxylin gefärbt sind, daß der Deckel auf diesem ersten Stadium noch in innigem Zusammenhang mit der Kapselwand steht. Bald jedoch, Hand in Hand mit der Ausbildung seiner definitiven Form, treten fast an seinem Rande zwei helle Bläschen auf (Taf. I, Fig. 15a, Deckbl.); diese vereinigen sich hierauf zu einem Ring, und dieser trennt durch Wachsen, nach der distalen wie auch proximalen Seite hin, den Deckel von der übrigen Wand (Taf. I, Fig. 15b und c). Von einer Mehrschichtigkeit oder einer wabigen Anlage des Außenkeims konnte ich auch mit dieser Färbung (BÜTSCHLI, Eisenhaematoxylin) nichts erkennen, während die Entodermzellen z. B. sehr schönen Wabenbau zeigten.

Die Kapsel hat sich nun soweit ausgebildet, daß Wand, Faden, Dolch und Stacheln fertig sind. Ebenso hat sich während dieser Zeit das Lasso schon angelegt und fast fertig ausgebildet. Über seine Entwicklung bin ich bei *Hydra* nicht genügend ins klare gekommen; bei *Porpita* dagegen, wo die Verhältnisse viel klarer liegen, konnte ich die verschiedenen Stadien der Lassoentwicklung gut verfolgen, und verweise daher hierauf. In dem nun erreichten Stadium beginnt die Zelle von dem Platz, wo sie sich

entwickelte, wegzuwandern. MURBACH und SCHNEIDER haben dies schon angenommen; HADŽI (an Tabularia mesembryanthemum) und LIPIN (bei Polypodium hydriforme) verfolgten die Wanderung zum ersten Male auf größere Strecken. Ich konnte sie nur durch Kombination feststellen, da bei *Hydra* die direkte Beobachtung ausgeschlossen ist und die fixierte *Porpita* gar nicht in Betracht kam. Daß die Hydrakapseln wandern müssen, folgt bestimmt daraus, daß neue Kapseln nur auf dem Mauerblatt gebildet, aber zum größten Teil an den Tentakeln verbraucht werden. Man sieht die typischen Wanderstadien (Taf. I, Fig. 9t) am Grunde des Ektoderms im Tentakel und Mauerblatt längs liegen, mit dem Proximalende vorauswandernd. An Hand dieser Wanderstadien ist leicht der Weg zu verfolgen, den die Kapseln bis zu ihrem endgültigen Ort zurücklegen. Sie wandern von ihrer Bildungsstätte im Mauerblatt bis hinauf auf die Tentakel und zwar immer im Ektoderm. Sie liegen stets im Grunde des Ektoderms, in der Nähe der Stützlamelle. Dies ist ja auch deshalb einleuchtend, da hier am meisten Platz ist. Die Ektodermzellen breiten sich bekanntlich auf der Außenfläche des Ektoderms zu einer flachen Scheibe aus. Gegen die Stützlamelle zu senden sie mehrere dünne, zum Teil verzweigte Ausläufer und lassen so große Lücken zwischen sich. In diesen Lückenräumen liegen die Nervenzellen, die Nesselkapselbildungszellen und die interstitiellen Zellen überhaupt. In dieser Zone bewegen sich auch die Wanderstadien. Besonders gut kann man sie an dem dünnen Tentakelektoderm beobachten. JAKOBSOHN behauptet neuerdings, daß die Wanderstadien durch die Stützlamelle sowie das Entoderm in das Lumen der Gastralhöhle eindrängen, und vom Flüssigkeitsstrom bis in die Tentakel geführt würden, um dort auf dem umgekehrten Wege wieder ins Ektoderm zu gelangen. Es soll also derselbe Wanderungsweg vorliegen wie bei Tubularia mesembryanthemum, nach Angabe HADŽIS. Ich glaube nicht, daß dies richtig ist. Denn ich habe im Entoderm oder gar im Gastrallumen, weder des Mauerblatts noch der Tentakel, nie eine intakte nicht explodierte Nesselkapsel mit Zelle sehen können. Man findet natürlich immer Nesselkapseln im Gastralraum und auch in den Entodermzellen. Aber sie stammen meiner Ansicht nach von gefressenen Tieren, und kommen so in den Gastralraum und auch in die Entodermzellen.

Über das Festheften des Nesselzellstieles an der Stützlamelle kann ich bei *Hydra* nichts bestimmtes aussagen, während ich

dies bei *Porpita* genauer studieren konnte. Erst, nachdem die Kapsel ihren endgültigen Platz erreicht hat, bilden sich Stiel und Cnidocil aus. Auch das Sekret scheint noch eine letzte Reifeperiode durchzumachen; denn bei den Wanderstadien färbt sich das Sekret (Kapselinhalt) noch sehr stark, während es dies bei den aufgerichteten reifen Kapseln nicht mehr tut. Schon Krasinska hat darauf hingewiesen. Sofort nach der Explosion färbt sich dann das Sekret mit Methylenblau, Neutralrot und Fuchsin S wieder sehr stark. Es ist dies natürlich kein Beweis meiner oben geäußerten Ansicht, daß das reife Sekret sich in einem labilen Zustand befinde, der durch den Cnidocilreiz gestört, eine Volumvergrößerung hervorrufe, aber es lassen sich diese Vorstellungen gut mit meinen Beobachtungen vereinigen.

Die erste Entwicklung der großen zylindrischen Kapseln verläuft wie bei den großen birnförmigen. Taf. I Fig. 14 zeigt die letzten Entwicklungsstadien der großen zylindrischen Kapseln von *Hydra grisea.* Besonders interessant sind die Stadien a und b; sie sind die jüngsten der Reihe. Am proximalen Kapselende sieht man immer solch merkwürdige, schraubenförmige Einbuchtungen, die auf den ersten Blick wie eine Fadenanlage aussehen. Ich halte sie nicht dafür, da man spätere Stadien (c und d) findet, wo sich der eigentliche Faden erst neu bildet. Er legt sich auch hier offenbar durch Vereinigen von Körnerreihen an, wie man das am besten bei *Hydra attenuata* (Taf. I, Fig. 11) beobachten kann. Ähnliche Stadien, wenn auch nicht so deutlich, findet man auch bei den anderen Hydraarten. Auf Taf. I Fig. 14d ist der Faden schon fast fertig, nur haben die Schlingen noch nicht ihren späteren Glanz bekommen, sondern sind noch dunkel. Taf. I Fig. 14c ist das Stadium, wo gerade die schraubigen Einbuchtungen verschwinden, aber vom Faden noch nichts zu sehen ist. Was nun diese Schraubenlinien der Fig. 14a und b bedeuten, ob sie der Ausdruck eines unregelmäßigen Wachstums des Außenkeimes sind oder was sonst, kann ich nicht entscheiden. Auf jeden Fall kann man meiner Ansicht nach aus diesen Strukturen keinen wabigen Bau des Außenkeims herauslesen.

II. Untersuchungen an Porpita mediterranea und Velella spirans.

Außer den Hydraarten kamen *Porpita mediterranea* und *Velella spirans* zur Untersuchung. Beide in fixiertem Zustande; Porpita mit Sublimat oder Sublimateisessig; Velella mit Chrom-



pikrinsäure. Da sie ähnliche Kapseln besitzen wie Hydra, so eignen sie sich gut zum Vergleich.

Bei beiden Siphonophoren sitzen die Kapseln zu größeren Gruppen vereinigt im Tentakelektoderm. Bei Porpita finden sich außerdem in der Mundregion des großen Sipho eine ziemliche Zahl von Kapseln. Die Nesselzellanhäufungen auf den Tentakeln sind bei Velella noch schwach. Sie wölben das Ektoderm nur wenig empor. Die Stützlamelle wird von ihnen in keiner Weise

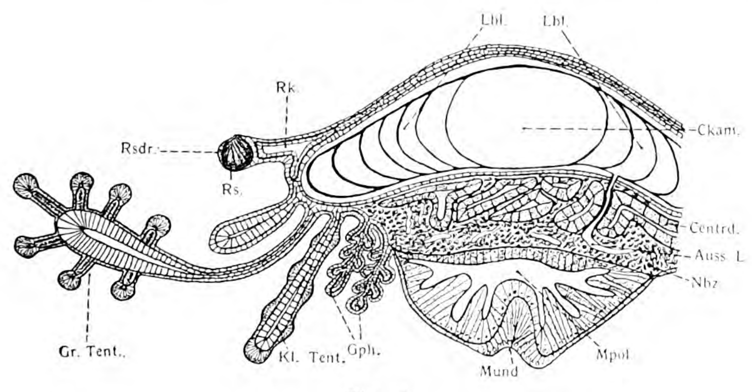


Fig. 3.

Schematischer Querschnitt durch Porpita mediterranea. Lbl. = Pneumatocyste; Ckam. = Centralkammer; Centrd. = Centrodenia; Auss. L. = sog. Tracheen; Nbz. = Nesselkapselbildungszellen; Mpol. = Hauptsipho; Mund. = Mundregion (an dieser eine Batterie aufgestellter Nesselkapseln); Gph. = kleine Siphonen mit Gonophoren; kl. Tent. = kleine Tentakel ohne Nesselknöpfe; gr. Tent. = große Tentakel mit Nesselknöpfen; Rsdr. = Randsaumdrüse; Rk. = Ringkanal.

beeinflußt. Ebenso verhalten sich diejenigen Tentakel der *Porpita*, welche keine Nesselknöpfe tragen. *Porpita* besitzt neben diesen aber noch große Tentakel mit Nesselknöpfen, auf deren Spitze sich die Nesselkapseln anhäufen. Ein Längsschnitt durch einen solchen Nesselknopf ergibt folgendes Bild (Taf. II, Fig. 1). Im Ektoderm jedes Knopfes sitzen peripherisch die Körper der Nesselzellen und senden ihren Stiel zum Zentrum des Knopfes. Der Stiel setzt sich mit den Ausläufern seines Muskels fest an die Stützlamelle an, welche an dieser Stelle durch ein Gebilde repräsentiert wird, das ich im folgenden Z e n t r a l k a p s e l nennen will (Taf. II, Fig. 1 Zentralk.). Die Zentralkapsel liegt stets an der Übergangsstelle des Knopfes in den Stiel und entsteht in folgender Weise. Die schlauchförmige Stützlamelle des Nesselknopfstieles

schnürt sich kurz vor Beginn des Knopfes stark zusammen, sodaß nur noch ein kleines Lumen bleibt. Distal davon breitet sie sich von neuem aus und bildet eine geschlossene hohle Halbkugel, deren Rundung distal gerichtet ist. Diese Halbkugel ist die erwähnte Zentralkapsel, an deren ebenen proximalen Wand die Stützlamelle stark verdickt ist. In ihrem Hohlraum liegen einige Entodermzellenkerne (Taf. II, Fig. 1). Im Nesselknopfstiel ist das Entoderm charakteristisch angeordnet. Die Kerne mit der Hauptmasse des Plasmas liegen alle in der Stielachse und sind nur mit ganz dünnen Plasmaausläufern an die Stützlamelle befestigt. Es findet sich also im Nesselknopfstiel kein Gastralraum. Ganz anders ist es im Hauptstamm des hohlen Tentakels. Hier ist das Entoderm auf die Wand beschränkt. Es kleidet die Wand als kontinuierliche Schicht aus und gleicht ganz dem übrigen Entoderm (Textfig. 3).

Die Ektodermzellen der Tentakel sind, wie so häufig, Pallisadenzellen. Sie haben einen flächenhaft ausgedehnten distalen Kopf und einen schlanken Leib. An ihrem der Stützlamelle zugewandten Ende entspringen die Muskelfasern. Auch bei Porpita scheinen mehrere Muskelfasern von einer Zelle auszugehen, wie es v. Krasinska bei *Carmarina hastata* beschrieb. Auf diesen Gedanken kam ich zuerst durch folgende Beobachtung. Über der Stützlamelle liegt eine solche Menge von Muskelfasern (Textfig. 4), daß es nicht zu begreifen ist, daß die relativ wenigen Ektodermzellen, die Mutterzellen von je nur einer Muskelfaser sein sollten; zumal die Muskelfasern höchstens fünfmal so lang als der Durchmesser des flächenhaften Zellenkopfs werden, meist aber kürzer bleiben (Taf. II, Fig. 2, Mfs.). Ich kann daher nicht annehmen, daß in jedem Falle eine Zelle nur eine Muskelfaser aussende. Da ich nur fixiertes Material besitze, erreichte ich es nicht, das Porpitaektoderm so vollkommen zu mazerieren, daß ich befriedigende Bilder der isolierten Ektodermzellen bekommen hätte; an Schnitten aber konnte ich einiges feststellen, das vielleicht ein wenig Licht

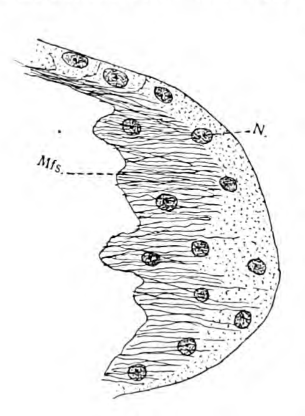


Fig. 4.
Flachgeschnittenes Ektoderm eines Tentakelstieles von Porpita mediterranea. Mfs. = Muskelfasern; N. = Kerne. Heid. Haem. Eosin.

auf die Frage wirft. Zuerst fand ich in drei Fällen mit ziemlicher Sicherheit an einer Ektodermzelle mehrere Fortsätze an der proximalen Fläche (Textfigur 5a—c). Dazu gesellen sich noch folgende Bilder: Auf Schnitten quer durch die Muskelfasern erschienen die Zellen manchmal wie in Taf. II, Fig. 19a. D. h. es zweigten von einer Zelle mehrere Fortsätze ab, die sich mit je einer Muskelfaser zu verbinden schienen. Flächenansichten ergaben etwas undeutlicher folgendes Bild: Wenn man die Ektodermzellenlage von innen betrachtet und auf die äußerste Region einstellt, erscheint eine ganz geschlossene Zellschicht (Taf. II, Fig. 19b). In der nächsttieferen Region dagegen sieht man nur mehr einzelne dünne absteigende Fortsätze der Zellen, die bei weiterem Heben des Tubus bis in die Längsmuskelschicht zu verfolgen sind. Allerdings kann man in diesem Falle nicht sicher feststellen, ob die Fortsätze alle an die Muskeln herantreten, aber es sieht so aus und die Wahrscheinlichkeit spricht auch sehr dafür (Taf. II, Fig. 19b). Es wäre dies also eine entsprechende Beobachtung, wie sie v. Krasinska an Medusen gemacht hat.

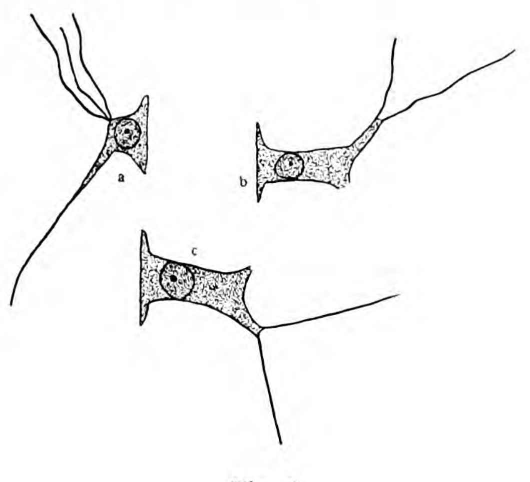


Fig. 5.

3 Epithelmuskelzellen von Porpita mediterranea mit mehreren Muskelfasern. Bei b und c ist nur der eine Ausläufer der Zelle mit den Muskeln getroffen. Heid. Haem.-Erythrosin.

Die Ektodermzellen, lie in den Nesselknöpen sitzen, haben sich ntsprechend der bedeuenden Höhe des Epihels differenziert. Sie besitzen keine Muskeln, aber, wie auch die nderen Ektodermzellen einen flächenhaften Kopf und einen ıngen dünnen Stiel. In ihrer halben Höhe liegt der große Kern, ıit deutlichem Nucleolus; dann wird die Zelle wieder ganz ünn und geht in einen faserigen Teil über, der an die Zentralapsel herantritt (Taf. II Fig. 1 und 15).

Sehr häufig trifft man im Tentakelektoderm Nervenzellen Taf. II, Fig. 2, Gz.). Sie liegen etwa in der Mitte zwischen Stütz-

lamelle und Oberfläche zwischen den Pallisaden der Ektodermzellen. Ebenso wie v. KRASINSKA bei Medusen konnte ich auch hier zweierlei Nervenfortsätze feststellen. Erstens derbe, breite und zweitens ganz feine. Nur war eine Unterscheidung der Nervenzellen danach nicht durchzuführen, da es vorkommt, daß sowohl breite, wie auch ganz feine Fortsätze von einer Zelle ausgehen. Es macht öfters den Eindruck, als ob von den Nervenzellen feine Ausläufer direkt an die Oberfläche träten (Taf. II, Fig. 2, Forts. n. d. Oberfl.); v. KRASINSKA gibt auf Abbildung 10 ähnliches an.

Von Sinneszellen konnte ich nur eine Art beobachten (Taf. II, Fig. 16). Es handelt sich um eine schmale hohe Zelle, die ein dickes Sinneshaar trägt, das auf einer haubenförmigen Emporwölbung der Zelle sitzt und sich bis zu dem ziemlich tiefsitzenden Kern verfolgen läßt. Die Zelle besitzt einen Stiel, der bis zur Stützlamelle zieht. Auf mit HEIDENHAINschem Haematoxylin gefärbten Schnitten hielt ich diese Zellen zuerst für eine dritte ganz kleine Art von Nesselzellen, zumal sie sich hauptsächlich auf den Nesselknöpfen finden. An Mazerationspräparaten aber überzeugte ich mich von ihrer wahren Natur.

Eine weitere interessante Einrichtung befindet sich am peripheren Teil des Schirmes der Porpita (Textfig. 3 p. 333). Hier findet sich eine Falte, der sogenannte Randsaum (Rs), der um die ganze Peripherie des Schirmes herumzieht. An ihrem verdickten freien Rande trägt die Falte Drüsen (Textfig. 3 Rsdr.), welche schon KOELLIKER und HAEKEL erkannten. ISSAKÓWITSCH (1910) hat sie in neuerer Zeit unter dem Gesichtspunkte der Chromidientheorie näher behandelt. Ich hatte Gelegenheit sie etwas genauer zu untersuchen. Die Stützlamelle bildet in der Endverdickung der Falte einzelne Scheidewände, zwischen denen die Drüsenzellen sitzen; ISSAKÓWITSCH sagt ganz richtig, wie in Flaschen mit verengtem Halse. Die Öffnungen der Drüsen sind aboralwärts gerichtet. Die Drüsenzellen sitzen an diesen Aussackungen der Stützlamelle mit ihren Basen fest und ergießen in diese Hohlräume ihr Sekret, das durch die Öffnung austritt. Sie gehen bei der Sekretion zu Grunde. Der Nachschub der Zellen geschieht vom Ektoderm des Schirmes her, wie ISSAKÓWITSCH feststellte. Welches die Funktion der Drüsen ist, wird von keinem der früheren Forscher erörtert. Da mir kein lebendes Material zur Verfügung stand, kann ich darüber auch keine Auskunft geben. Am wahrscheinlichsten aber scheint mir eine Abwehrfunktion. Auf den ersten Blick fällt an den

Drüsenzellen ihre faserige Struktur auf (Taf. II, Fig. 3b, Drz.). ISSAKÓWITSCH schreibt sie der Zerstäubung des Chromatins in feine Fäserchen zu. Dies, sowie die auffallende Größe des Kernes und des Nucleolus, will er durch Überernährung der Zelle erklären. Die geradezu riesenhafte Größe des Nucleolus ist auch wirklich überraschend (Taf. II, Fig. 3b). Der Kern erreicht einen Durchmesser von 10,5 μ und der Nucleolus $^1/_3$—$^1/_2$ desselben. Dicht über dem Kern fängt die Bildung der Sekretballen an. Je weiter vom Kern entfernt, desto größer werden diese und wenn sie schließlich aus der Zelle austreten, bilden sie eine homogene Masse von größeren und kleineren, stark lichtbrechenden Bläschen, die in einem schwächer lichtbrechenden Medium eingebettet sind (Taf. II, Fig. 3c). Auf Mazerationspräparaten löst sich das Sekret meist in toto von der Zelle ab und bildet einen unregelmäßigen Ballen, der aber immer kugelig abgerundet erscheint, so daß ich annehmen möchte, daß im Leben das Sekret dickflüssig sei. An mazerierten Randsaumdrüsen fand ich oft Nervenzellen (Taf. II, Fig. 3a), ebenso einmal eine Nervenzelle in Verbindung mit einer Drüsenzelle (Taf. II, Fig. 3b, Gz.).

Von Nesselkapseln treten bei Porpita zwei Arten auf. Eine, die den großen birnförmigen der Hydra und eine, die den großen zylindrischen Kapseln von Hydra fusca entspricht. Die erste Art ist bei der nahverwandten Velella spirans von TOPPE im allgemeinen richtig beschrieben worden (Taf. II, Fig. 9a, b). Sie ist eiförmig und hat einen Dolchapparat, der an den von Hydra erinnert. Nur die großen Basaldornen sind etwas anders gestaltet (Taf. II, Fig. 10 und 9a, Bdorn). Sie bestehen aus einem basalen zylindrischen Stück, das in einen stark bauchig erweiterten Teil übergeht, der sich in eine feine Spitze auszieht. In der ruhenden Kapsel (II, 9b) ist dieselbe Anordnung des Stachelapparates zu beobachten, wie in den Kapseln von Hydra; d. h. auch hier legen sich die Stacheln zu einzelnen Stileten zusammen, die hintereinander in der Kapsel liegen. Dagegen sind die akzessorischen Einrichtungen wesentlich anders. — Vor allem fällt das *Lasso* auf (Taf. II, Fig. 9a und b). Es liegt als dichter Fadenknäuel an der einen Kapselseite. An seinem basalen Ende geht es mittels einiger Schraubentouren in den Stielmuskel über, der sich an der Stützlamelle befestigt. Ebenso wie TOPPE konnte ich bei Porpita in einigen Fällen mit großer Sicherheit den Verlauf des Lassos verfolgen (Taf. II, Fig. 4a und b, L). In dem Fall Taf. II Fig. 4a

war die Kapsel deformiert, aber das Lasso vollständig erhalten. Ich konnte 12 Schraubentouren des Lassos einwandsfrei verfolgen. Das eine Ende ging in den von Toppe so genannten „absteigenden Ast“ über, das andere in den Stielmuskel. Der absteigende Ast war bei fast jeder Kapsel zu beobachten. Es schien manchmal, als ob dieser schwarze Kontur nur der untere Rand der Kapsel sei, aber in vielen anderen Fällen war klar zu sehen, daß er das eine Lassoende darstellt. Auch daß der absteigende Ast, da wo er an die Oberfläche des Ektoderms tritt, sich öfter teilt, habe ich mehrmals beobachten können (Taf. II, Fig. 9a und b und 5). Eine direkte Verbindung mit der Kapsel war nie festzustellen. Durch Bilder (Taf. II, Fig. 6), die man an explodierten Kapseln bekommt, die schon etwas aus ihrer Zelle herausgetreten sind, halte ich ein Anheften des Lassos an die Kapsel nicht für bewiesen. Da aber die Bilder (Taf. II, Fig. 4a und b) einenvöllig geschlossenen Verlauf des Lassos zeigen, so ist dadurch meines Erachtens wenigstens für Porpita erwiesen, daß sich das Lasso nicht an die Kapsel anheftet; denn der absteigende Ast bleibt ja immer, bis zu seinem Ende von der Kapsel entfernt, und eine weitere Abzweigung von ihm ist nicht vorhanden. Die Figur 6 spricht nicht dagegen, da nur ein solches Bild für das Anheften des Lassos an die Kapsel beweisend wäre, das wie Fig. 5 das Lasso und besonders seinen absteigenden Ast seitlich von der Kapsel zeigte. Auf solchen Ansichten sieht man aber deutlich, wie das eine Ende des Lassos in den Stiel, das andere als absteigender Ast um die Kapsel herum an die Zelloberfläche tritt, ohne die Kapsel zu berühren (Taf. II, Fig. 5 und 9a, b). Ein netzförmiges Umspinnen der Kapsel durch das Lasso, wie Toppe es anzunehmen scheint, konnte ich nie feststellen, auch sprechen selbst Toppes Figuren dagegen. Da somit das Lasso weder an die Kapsel sich anheftet, noch diese umspinnt, so ist, nach meiner Ansicht, sein Mitwirken bei der Explosion durch Druck auf die Kapsel, oder ein Festhalten der Kapsel nach der Explosion durch das Lasso ausgeschlossen. Welche Funktion es eigentlich ausübt, scheint nach diesem Befunde wieder unklar.

Wie schon gesagt, geht das Lasso proximal in den Stielmuskel über. Der Stiel ist entweder gleichmäßig dick oder zeigt an seinem Basalende eine blasige Auftreibung. In diesem Falle, den auch Toppe bei Velella beschrieben, teilt sich der Stielmuskel in meist 3—4 Fasern. Toppe gibt an, daß sich die Fasern, bevor sie zur

Stützlamelle treten, wieder vereinigen. Ich fand neben diesem Falle ebenso oft, daß sie sich direkt an der Stützlamelle ansetzen. Über den Ursprung der blasigen Auftreibung glaube ich folgendes festgestellt zu haben. Wenn die Nesselzelle an dem Orte ihres Verbrauches angekommen ist, heftet sie sich an die Stützlamelle an. Man kann dies häufig sehen. Es sind Nesselzellen ohne Cnidocil und noch ohne Stiel, aber sonst fertig, welche in der Art, wie Taf. II Fig. 11a zeigt, an der Stützlamelle ansitzen. Ein Stiel fehlt. Die Anordnung der Teile ist so, daß basal das Lasso mit dem Hauptteil des Plasmas, dann der Kern und am nächsten der Oberfläche zu die Kapsel, mit ihrem Entladungspol distal gerichtet, folgen. Hierauf streckt sich die Zelle langsam in die Länge, wodurch die Kapsel zur Oberfläche emporsteigt und sich der Stiel bildet. Dabei wird der Stielmuskel von der Lassoanlage hervorgebracht, wie Fig. 11b und c Taf. II beweist, die eine fast an die Oberfläche gelangte Kapsel zeigt. Wenn nun auch bei vollständig fertigen Kapseln noch eine Verdickung des Stieles zurückbleibt, so glaube ich das einfach dadurch erklären zu können, daß eben mehr Material vorhanden war, als bei der gegebenen Höhe des Ektoderms nötig war. Diese Behauptung wird dadurch gestützt, daß die Verdickungen an sehr hohem Epithel viel seltener beobachtet wurden, als an niederem. — Das Anheften des Stielmuskels an die Stützlamelle ist sehr charakteristisch. Auch TOPPE gibt dies in seiner Fig. 11 sehr richtig an. Der Stielmuskel teilt sich nämlich, kurz bevor er an die Stützlamelle herantritt in mehrere, 3—8, Fasern, die zur Stützlamelle treten. Wie schon gesagt, heften sich oft an den Stielen mit Verdickungen die schon geteilten Muskelfasern, ohne sich wieder zu einem einheitlichen Muskel zu vereinigen an die Stützlamelle an. Am besten konnte ich dieses Verhalten an Flächenschnitten direkt über der Stützlamelle wahrnehmen. Man beobachtete dann Bilder, wie sie Taf. II Fig. 7 zeigt. — Über die Natur des Lassos und Stielmuskels bin ich zu folgender Ansicht gelangt. Wie TOPPE halte ich den Stielmuskel und das Lasso für muskulös; denn ich konnte auch die eigentümlichen Kontraktionsbilder beobachten, die TOPPE bei Velella beschreibt (Taf. II, Fig. 8). Mit den stärksten Vergrößerungen war festzustellen, daß es sich nicht um einen quergestreiften Muskel handelt, sondern eben um ganz feine Schraubenwindungen. Infolgedessen möchte ich, wie auch TOPPE die ganze Einrichtung für muskulös ansehen. Ebenso wird dem Stielmuskel eine gewisse Elastizität zu-

kommen, um ein Zerreißen des Stieles nach der Explosion zu verhindern.

Eine ganz eigentümliche Struktur beobachtete ich mehrere Male (besonders gut an Mazerationspräparaten). Der Stiel erschien hier wie quergestreift. Er ist es aber nicht, es sind auch nicht die oben erwähnten Kontraktionsbilder, sondern die Schraubenlinien, die man beobachtet, liegen im Protoplasma des Stieles und berühren den Muskel selbst nicht (Taf. II, Fig. 12). Es sieht aus, als ob dem Plasma von außen ein schraubiges Band aufliege. Für muskulös halte ich diese Struktur nicht; was es aber ist, wurde mir nicht klar.

Der Entladungspol der Kapseln zeigt eine ähnliche Beschaffenheit wie bei Hydra und gleicht dem der Velellakapseln vollkommen. Auch davon findet man bei Toppe eine richtige Beschreibung. Vor allem fällt sowohl bei den fertigen Kapseln als auch bei den Wanderstadien der schon von Toppe beschriebene Aufsatz (Aufs.) auf. Auch ich konnte an ihm die feinen Streifen erkennen, den Stäbchenbesatz (Taf. II, Fig. 13b). Er reicht etwa bis zur Höhe des Deckels herab und verschwindet dann. Wenn Toppe behauptet, daß der Aufsatz nur den reifen Kapseln zukomme, so muß ich dem widersprechen. Bei Porpita und Velella habe ich den Aufsatz an den Wanderstadien immer gefunden. Das Cnidocil mit den Cnidocilbegleitstäbchen liegt immer auf der Lassoseite. Sein Bau ist genau so, wie ihn Toppe für Velella beschrieben hat und gleicht auch dem Cnidocilapparat der Hydrakapsel vollkommen. Auch ich glaubte zuerst, daß das Lasso mit dem Cnidocil zusammenhinge (Textfigur 6 bei a). Später aber überzeugte ich mich, daß Toppe recht hat. Es ist keine Verbindung der Cnidocilstäbchen mit dem Lasso vorhanden. Man kann dies besonders deutlich dann sehen, wenn das Cnidocil auf der Seite der Kapsel liegt, die dem Beschauer zugewandt ist (Taf. II, Fig. 13a). Bei seitlicher Ansicht wird man sehr leicht durch die dunklen Begrenzungslinien der Kapsel oder der Zelle getäuscht (Textfigur 6 bei a); es sieht dann aus, als ob das Cnidocil mit seinen Fasern bis zum Lasso hinabreiche. Bei

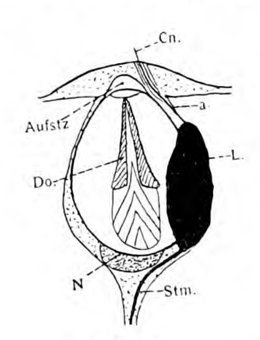


Fig. 6.

Große birnförmige Kapsel von Porpita mediterranea. Wegen der Bezeichnungen siehe Verzeichnis der Abkürzungen. Bei a ist der scheinbare Übergang vom Cnidocil in das Lasso.

scharfer Beobachtung findet man aber, daß dies nicht der Fall ist. Manchmal kann man allerdings, wie es auch TOPPE angibt, sehen, wie die Cnidocilstäbchen wirklich bis zum Lasso hinabziehen. Eine Verbindung mit dem Lasso ist jedoch keineswegs vorhanden.

Eine interessante Tatsache ist noch zu vermerken. Die Köpfe der Ektodermzellen sind in den Nesselknöpfen immer sehr dick. Der Aufsatz, der den Stäbchenkranz trägt, ist schon an allen Wanderstadien vorhanden (Taf. II, Fig. 11a—c). Wenn die Nesselzelle an ihrem Verbrauchsort, von der Stützlamelle bis zur Ektodermoberfläche emporwächst, durchdringt dieser Aufsatz das Ektoderm zum größten Teil, so daß nur eine dünne Ektodermschicht über ihm bleibt (Taf. II, Fig. 14a). Dieser verdünnte Teil des Ektoderms ist die präformierte Stelle, durch welche der Faden ausgeschleudert wird. Explodierte Kapseln bestätigen diese Ansicht (Taf. II, Fig. 14b). Man sieht an ihnen, wie das Ektoderm das Halsstück ringförmig umschließt; und zwar ist dieser Ring so eng, daß er das Halsstück, nicht aber die Kapsel durchläßt, ohne zu zerreißen. Ich halte dies für eine weitere Einrichtung, um zu verhindern, daß die Kapsel aus der Zelle herausgerissen werde. Wenn man bedenkt, daß die Nesselzelle von der Stützlamelle aus emporwächst und daß ihr Wanderstadium am distalen Pol fast gar kein Plasma besitzt, während das Ektoderm als kontinuierliche Schicht auf der Oberfläche des Nesselknopfes liegt, so ist es klar, daß diese Schicht, in welche der Aufsatz der Nesselzelle eindringt, zu den Ektodermzellen gehört und nicht zur Nesselzelle selbst.

Außer den beschriebenen, birnförmigen Kapseln ist noch eine zweite, zylindrische Form vorhanden (Taf. II, Fig. 17a, b). Sie hat keinen Dolch und ihr Faden ist in unregelmäßigen Windungen längs aufgerollt. Ein Lasso fehlt; dagegen findet sich ein Stiel mit Stielmuskel, der sich wie jener der birnförmigen Kapseln an die Stützlamelle heftet. Eine Verdickung habe ich am Stiel nie gesehen; auch waren am Stielmuskel keine Kontraktionserscheinungen zu beobachten. Ich meine jedoch, daß es trotzdem erlaubt ist, die muskulöse Natur des Stieles anzunehmen. — Der Faden der ausgeschnellten Kapsel ist dick und etwa fünfmal so lang als die Kapsel. Er trägt zwei dicke Schraubenlinien, die wie aufgesetzt aussehen und vielleicht als Fadensekret im Sinne WILLS aufzufassen sind (Taf. II, Fig. 17b). Das Cnidocil verhält sich wie bei den großen Kapseln. Ein Kapselaufsatz fehlt. Dagegen sitzt das Cnidocil selbst in einer Aufwölbung der Nesselzelle. Der rundliche

Kern liegt proximal von der Kapsel. Ein Nucleolus ist in dem chromatinreichen Kern öfters nicht zu erkennen. Die Kapsellänge beträgt durchschnittlich 14 μ, die Breite 6 μ; der Faden wird etwa 60—90 μ lang. — Die Maße der birnförmigen Kapseln sind: Länge 14 μ, Breite 10 μ.

Bei *Velella* unterscheidet Toppe 3 Kapselarten; zwei mit Dolch und eine kleinere ohne solchen. Die letztere Form ist den zylindrischen von Porpita ganz ähnlich, nur viel kleiner; ihr Faden ist auch unregelmäßig längs aufgerollt. Wie er ausgestülpt aussieht, konnte ich nicht beobachten. Auch im übrigen gleichen diese Kapseln ganz jenen von Porpita. Das Lasso fehlt, ein Stiel ist vorhanden, doch konnte ich keinen Stielmuskel beobachten. Das Cnidocil ist ein einfaches Stäbchen; ein Aufsatz oder Stäbchenkranz fehlt. Der rundliche Kern liegt am basalen Kapselende.

Dagegen vermag ich die beiden Arten großer Kapseln nicht zu unterscheiden! Ich finde zwar, daß die Länge und Breite dieser Kapselart ziemlich schwankt, aber weder konnte ich in der Form scharfe Unterschiede bemerken — Toppe schreibt, die eine Kapsel sei ovaler, die andere kugeliger — noch auch im Aufbau der Kapsel oder der Nesselzelle. Toppe läßt die ovale Kapsel ohne Aufsatz sein. Ich konnte zwar beträchtliche Schwankungen von kugeliger bis ovaler Form sehen, doch waren auch alle Übergänge vorhanden; und daß der Aufsatz an keiner der großen Kapseln fehlt, kann man am besten daraus entnehmen, daß er bei den Wanderstadien stets vorkommt. Sonst finde ich den Bau der Kapseln ganz so wie bei Porpita. Bei Velella sieht man den Stäbchenbesatz des Aufsatzes ganz besonders schön. Auch Kontraktionsformen des Stielmuskels konnte ich bei Velella öfters sehen.

Entwicklung der Kapseln von *Velella* und *Porpita*.

Da ich bei beiden Siphonophoren in der Entwicklung der großen Kapseln keine Unterschiede auffinden konnte, was ja auch wegen ihrer Gleichartigkeit von vornherein anzunehmen war, so werde ich beide zusammen beschreiben.

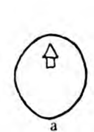
Die Hauptherde der Entwicklungsstadien sind, wie auch schon K. C. Schneider fand, das Ektoderm der Gonophoren, sodann aber, und das ist ein viel ausgedehnteres Gebiet, die Ektoderm-

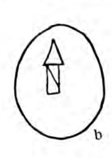
einstülpungen in die sogen. *Centrodenia* oder Leber (Textfigur 3, Centrod.).

Die Kapsel tritt zuerst als kleines Bläschen auf, das sich mit Kernfarbstoffen nicht, dagegen mit Plasmafarbstoffen gut färbt (Taf. II, Fig. 18a, Est.). Es vergrößert sich und wird bald länglich, wobei gleichzeitig Substanzballen in ihm auftreten, die typische Kernfarbstoffaffinität aufweisen, offenbar ganz entsprechend dem Cnidoplastin der Hydrakapseln (Taf. II, Fig. 18b). Die Kapselanlage wächst darauf etwas in die Länge, worauf ein kurzer zuführender Kanal auftritt. Dieser führt das Sekret in die Kapsel, wodurch diese allmählich an Größe zunimmt. Das Sekret färbt sich sehr stark und zeigt fast immer eine Schraubenform (Taf. II, Fig. 18c — f). Bei Malloryfärbung ist das Sekret immer tiefblau gefärbt. Man findet nun öfters, daß da, wo der zuführende Kanal frei in der Zelle endet, das Protoplasma bei Malloryfärbung sich genau so färbt, wie der Kern, nur daß kein Nucleolus vorhanden ist. Ich glaube, daß diese Stelle der von SCHNEIDER beschriebenen Bildungszone entspricht, d. h. der Stelle, an der das Sekret vom Plasma ausgeschieden wird (Taf. II, Fig. 18h, Bz). Die hellere Färbung dieser Stelle würde also eine durch das Ausscheiden des Sekretes hervorgerufene Veränderung des Plasmas anzeigen. An den jüngeren Entwicklungsstadien sieht man regelmäßig das Sekret in engeren oder weiteren Schraubenwindungen in die Kapsel eintreten, während die älteren Stadien, bei denen die Sekretion schon ihrem Ende zuneigt, von dunklem Sekrete ganz erfüllt sind. Dies entspräche also den Stadien bei Hydra (Taf. I, Fig. 9k und c), bei denen das Cnidoplastin sich im Cnidochylema gelöst hat, und dadurch das letztere sich stärker färbt. Auf dem Stadium Taf. II Fig. 18g war zweierlei interessant: erstens waren im zuführenden Kanal einzelne dunkle Kügelchen zu unterscheiden und zweitens im vorderen Ende der Kapsel ein gelbroter Fleck zu sehen. Die dunklen Ballen lassen sich auf analoge Vorgänge bei Hydra zurückführen, daß nämlich, um mit WILL zu reden, Cnidochylema- und Cnidoplastintröpfchen abwechseln; ein Verhalten, das ich ja bei Hydra nicht in der Weise beobachten konnte, da dort in dem eigentlichen Sekretstrang das Cnidoplastin einen kontinuierlichen Strang bildete, hier aber ein Abwechseln von Cnidoplastin- und Cnidochylematröpfchen vorhanden ist. Den gelbroten Punkt halte ich für ein erstes Stadium des Dolches; und zwar aus folgenden Gründen. Der Dolch färbt

sich mit Mallory gelbrot, das Lasso rot und das Sekret blau. Und zwar ist dies trotz der sonstigen Unzuverlässigkeit der Mallory-färbung außerordentlich konstant. Nun hat dieser Fleck erstens die Farbe des zukünftigen Dolchs, zweitens liegt er immer an seiner späteren Stelle und drittens hätten wir das Analogon bei Hydra, wo sich der Dolch auch mit vieler Wahrscheinlichkeit aus einem dunklen Fleck entwickelt.

Der zuführende Kanal verschwindet nun allmählich und die Kapsel nimmt ihre definitive Gestalt an. Der Dolch entwickelt sich offenbar ebenso wie bei Hydra. Da das Mazerieren an dem fixierten Material nicht leicht auszuführen war, konnte ich Einzelheiten nur wenig beobachten, da sie an Schnittpräparaten nur durch Färbung sichtbar zu machen sind und diese oft versagt. Aber an günstigen Objekten ließ sich feststellen, daß der Dolch auch hier aus einer schraubigen Anlage heraus hervorgeht. Bilder wie Textfigur 7a—c mögen das belegen. Der Faden legt sich später als der Dolch an. Man kann erst bei ziemlich entwickeltem Dolch etwas von ihm beobachten. Wie bei Hydra, konnte ich nie Wabenstruktur, nur Körnerreihen beobachten (Textfig. 7c). Dagegen erscheint das Sekret in der Kapsel meist sehr homogen.





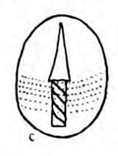


Fig. 7.
3 Entwicklungsstadien des Dolches; a und c von Porpita mediterranea; b von Velella spirans; in c Bildung des Fadens.

Eine merkwürdige Tatsache, auf die auch schon die früheren Forscher aufmerksam machten, und welche ich bei Hydra und Porpita immer beobachten konnte, ist die ungeheure Größe gewisser Entwicklungsstadien. Von dem Stadium, wo die Sekretion sich ihrem Ende zuneigt, bis zu dem, wo die Dolchbildung gerade beginnt, findet man in der Regel, daß die Stadien das 3-4fache Volum der fertigen Kapseln besitzen. Die durchschnittliche Länge der großen Kapseln von Porpita beträgt 14 μ, die Breite 10 μ. Man findet aber sehr häufig Bildungsstadien von folgenden Maßen:

Länge	Breite
17,5	15,8
24,5	17,5
18,5	15,5

Ähnliches auch bei Stadien, entsprechend der Taf. II, Fig. 21e.

Länge	Breite
21	5,5
21	5,5
28	7,5
20	6

Sehr interessant verhält sich das Lasso der birnförmigen Kapseln bei seiner Entwicklung. Auf Stadien, die es eben zeigen, sieht man nämlich nicht etwa einen Faden, der irgend wie in der Zelle aufgerollt liegt, sondern einige schwarze Linien, die durch häufige Querverbindungen zu einem förmlichen Netz vereinigt sind. Fig. 20a—m Taf. II zeigen das Lasso in verschiedenen Stadien seiner Entwicklung. Fig. 20a halte ich für das jüngste Stadium. Das Lasso ist noch ganz kurz und bildet nur eine einfache Schlinge. Hieran reiht sich das Stadium Fig. 20b: das Lasso besteht aus einer Längs- und drei Querlinien. Mit Fig. 20c beginnt das Lasso seine typische Gestalt anzunehmen, die man an späteren Entwicklungsstadien immer beobachtet. Es erscheint im allgemeinen als ein zusammenhängender Faden, der sich aber an verschiedenen Stellen teilt und in einzelne Fädchen auflöst. Die nächsten Stadien (Fig. 20d bis i) zeigen, daß mit der fortschreitenden Größe des Lassos auch seine Längsteilung in einzelne Teilfäden zunimmt. Fig. 20k ist das letzte Stadium, das schon der Vollendung nahe ist, aber in der Nähe der Kapsel sieht man immer noch, wie das Lasso in einzelne lose Fäden zerfällt. Wenn wir zusammenfassen, was wir bis jetzt über das Lasso wissen: Einmal nämlich in der fertigen Zelle, das Zerfallen in Fasern an drei verschiedenen Stellen; an beiden Enden des Lassos, 1. am Ende des absteigenden Astes (nach der Oberfläche zu) und 2. am Ansatzpunkt des Stielmuskels an der Stützlamelle und schließlich 3. in der Stielverdickung; wenn wir ferner berücksichtigen, wie sich das Lasso entwickelt, so muß ich mich ganz den Ansichten von Iwanzoff und Toppe anschließen. Auch ich bin überzeugt, daß sich das Lasso aus mehreren Fibrillen zusammensetzt. Ob sich diese allerdings längs oder schraubig aneinanderlegen, wage ich nicht zu entscheiden. Immerhin ist zu bemerken, daß man oft Figuren findet (wie Taf. II, Fig. 20l und m), wo das Lasso einige Schraubenschlingen bildet, so daß mir ein schraubiges Verflechten der einzelnen Lassofasern wahrscheinlicher dünkt.

Während sich das Lasso entwickelt, schreitet das Wachstum der Kapsel fort. Dolch und Faden bilden sich während dessen vollständig aus. Ebenso erhält die Kapsel ihre endgültige Membran und den Deckel. Außerdem ist bei allen Kapseln dieses Alters der Aufsatz zu bemerken, sowohl bei Porpita als bei Velella; TOPPE bestreitet das zwar, aber ich habe kein Wanderstadium ohne Aufsatz gesehen. Auf diesem Stadium beginnt nun die Kapsel zu wandern. Die Anordnung solcher Wanderstadien ist sehr typisch. Zu vorderst kommt der Kern, der vor sich noch ein Protoplasmapolster hat. Dann folgt das Lasso und endlich die Kapsel, deren basaler Pol vorangeht. Der Kern kann jedoch auch mit dem Lasso den Platz tauschen, oder Kern und Lasso liegen, statt hintereinander, nebeneinander (Taf. II, Fig. 11a). So schieben sich die Wanderstadien, sowohl aktiv durch amöboide Bewegung des Plasmas als auch vielleicht passiv durch Druck, der beim Zusammenziehen der Tentakel oder des Schirmes entsteht, fort. Daß die Nesselzellen sich amöboid fortbewegen, ist sehr wahrscheinlich, weil man an ihnen verschieden gestaltete Ausläufer beobachten kann. Man hat deutlich den Eindruck, daß die Zellen auf den verschiedensten Stadien der Bewegung fixiert wurden. Der Weg, welchen die Zellen zurücklegen, scheint genau reguliert und ist gut zu verfolgen. Sie wandern von der Centrodenia oder den Gonophoren geradeswegs in das Ektoderm des unteren Schirmrandes. Von da radiär nach außen in das Tentakelektoderm, von wo sie dann in die Nesselknöpfe treten und sich an deren Stützlamelle festsetzen, wie oben beschrieben. Hier bildet sich schließlich noch das Cnidocil, der Stiel samt Stielmuskel aus und die Nesselzelle erhebt sich bis zur Oberfläche des Ektoderms. Hiermit ist die Entwicklung beendet und die Kapsel funktionsfähig geworden.

Die Entwicklung der zylindrischen Kapseln verläuft im großen und ganzen ebenso, wie jene der birnförmigen. Nur bleibt die Anlage stets länglich. Der Faden bildet sich, wie bei der birnförmigen Kapsel, aus Körnerreihen (Taf. II, Fig. 21h). Sehr merkwürdige Bilder bieten die Figuren Taf. II, Fig. 21e, f, g. Nach der langgestreckten Form gehören sie zur zylindrischen Kapselart. Fig. 21g entspricht den gleichen Figuren von Hydra (Taf. I, Fig. 14a und b). Wie dort, ist eine Schraubenlinie zu sehen, die sich um das Sekret herum legt. Die Figuren 21e und f finden kein Analogon bei Hydra. Die Figuren 21a—g und i zeigen eine starke

Schrumpfung durch das Fixieren. Der Binnenkeim hat sich vom Außenkeim abgelöst (Fig. 21c und i), oder auch das ganze Entwicklungsstadium vom umgebenden Protoplasma (Fig. 21a, b, d). Fig. 21c und i sind gleich alte Stadien; nur stammt i aus einem Mazerationspräparat, c aus einem Schnitt. Bei i sah ich deutlich, daß auch der dick gezeichnete Contur noch zu dem Entwicklungsstadium gehört, da er gleichmäßig und glatt das Innere umschließt und offenbar den Außenkeim darstellt. Fig. 21h ist ein ganz spätes Stadium, wo sich der Faden schon zu bilden beginnt. Wenn man die Stadien e und f unbefangen betrachtet, so sollte man auf die Vermutung kommen, daß sich der Faden hier außerhalb der Kapsel anlege. Ich halte dies nicht für wahrscheinlich, sondern vermute, daß dieser Anhang (Taf. II, Fig. 21e [bei c]) ein zuführender Kanal sei. Eine endgültige Entscheidung kann ich jedoch nicht geben, da das Bild sicherlich durch die Fixierung gestört wurde. Ich vermute nämlich, daß der Hohlraum a (Taf. II, Fig. 21e) ein Kunstprodukt ist und nur b die Kapselanlage darstellt. Auffallend ist nur, daß der zuführende Kanal c immer frei in diesem Hohlraum liegt, ohne Verbindung mit dem Plasma; das entgegengesetzte Ende der Kapselanlage dagegen fest im Plasma sitzt. Wie das Stadium Fig. 21g zu erklären ist, weiß ich nicht. Sicher kann es nicht dasselbe sein, das Will bei Syncoryne fand, denn eine Wabenstruktur des Außenkeims kann man doch wohl kaum aus dieser Figur herauslesen.

Schlußzusammenfassung.

Wenn ich meine Beobachtungen an Hydra und Porpita zusammenfasse, so ergibt sich etwa folgendes:

Die Entwicklung verläuft bei allen Arten Nesselkapseln von Hydra und Porpita gleichartig. Der Faden legt sich *intracapsulär* an. Aber er bildet sich nicht aus *Wabenstrukturen*, wie es Will beschreibt, sondern aus in Schraubenlinien verlaufenden Fäden (Dolchapparat), oder aus Körnerreihen (Faden). Die Kapselwand ist einschichtig. Die Dreischichtigkeit, der helle Außenkeim und die Mantelzone (= Halsanlage), wie Will sie beschreibt, sind nur Beugungserscheinungen. Das Lasso ist bei den großen birnförmigen Kapseln von Hydra und den entsprechenden von Porpita vorhanden. Es ist ein kontraktiles Band; möglicherweise hat es auch eine gewisse Elastizität. Es ist nicht wahrscheinlich, daß sich das Lasso an der

Kapselexplosion beteiligt. Ein Anheften des Lassos an die Kapsel wurde nicht beobachtet. Das Lasso scheint sich aus schraubig zusammengedrehten Fäden zusammenzusetzen. Der Deckel der großen birnförmigen Kapseln von Hydra ist mit einer Verschlußrinne in die Kapsel eingefügt. Das *Cnidocil* sitzt an der einen Seite des Zellendes, nicht, wie Jacobsohn behauptet, über dem Deckel; es kann also keinen Verschluß der Kapsel bilden, sondern ist ein reizleitender Apparat. Bei allen ovalen Kapseln von Porpita und Velella ist ein Aufsatz vorhanden. Es ist dies eine am Distalende der Kapsel befindliche Erhebung über dem Deckel, die den Stäbchenkranz trägt. Dieser Aufsatz dringt bei Porpita in das Ektoderm ein, über sich nur eine ganz dünne Ektodermschicht lassend, und schafft so eine präformierte Explosionsöffnung. Das in ihrer Umgebung befindliche Ektoderm bildet um das Halsstück der explodierten Kapsel einen engen Ring, der die Kapsel in der Zelle zurückhält. Bei allen untersuchten Kapseln ist ein Stielmuskel vorhanden (ausgenommen bei den kleinen zylindrischen von Velella). Eine Muskelfibrille um die Kapsel habe ich nicht feststellen können. Die Kapselwand und das Halsstück sind für Wasser nicht durchlässig. Es scheint mir aber sehr möglich, daß bei der Explosion anfangs eine Volumvergrößerung des Sekretes ohne Wasseraufnahme stattfindet, event. durch chemische Veränderung, welche vom Cnidocilreiz ausgelöst wird, bis zu der Zeit, wo sich die drei Basaldornen auseinanderspreizen und so dem Wasser Zutritt verschaffen. Eine Verkleinerung der Kapseln nach der Explosion findet sich nur bei den kleinen birnförmigen Kapseln von Hydra, bei den großen birnförmigen dagegen nicht.

Ich möchte an dieser Stelle nicht verfehlen, Herrn Prof. Dr. Bütschli meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen für die Anregung zu dieser Arbeit und das Interesse, das er ihr andauernd entgegengebracht hat.

Heidelberg, im Juli 1914.

Literaturverzeichnis.

1881 Bütschli, O., Beiträge zur Kenntnis der Fischpsorospermien. Ztschr. für wiss. Zool. Bd. 35.
1898 — —, Untersuchungen über Strukturen usw.
1878 Chun, C., Die Greifzellen der Rippenquallen, Zool. Anz. Jahrg. 1.
1881 — —, Die Natur und Wirkungsweise der Nesselzellen bei Coelenteraten. Ibid. Jahrg. 4.
1887 — —, Zur Morphologie der Siphonophoren. Ibid. Jahrg. 10.
1891 — —, Die Canarischen Siphonophoren. I Stephanophyes superba. Abhdl. d. Senckenberg. Naturf. Ges. Bd. 16.
1892 — —, II. Die Monophyiden usw. Ibid. Bd. 18.
1897 — —, Über den Bau der Siphonophoren. Verhdl. d. deutsch. Zool. Gesellschaft.
1902 — —, Coelenterata, in Bronns Klassen und Ordnungen. Bd. II. Abt. 2.
1895 Grenacher, H., Über die Nesselkapseln von Hydra. Zool. Anz. Jahrg. 8.
1888 Haeckel, E., Report of the Voyage of H. M. Sh. Challenger. Bd. 28.
1906 Hadži, J., Vorversuche zur Biologie von Hydra. Arch. f. Entwgesch. Bd. 22.
1909a — —, Über die Nesselzellwanderung bei den Hydroidpolypen. Arb. zool. Inst. Wien. Bd. 17.
1909b — —, Über das Nervensystem von Hydra. Ibid.
1913 — —, Über die Nesselzellverhältnisse bei den Hydromedusen. Zool. Anz. Bd. 37.
1882 Hamann, O., Der Organismus der Hydroidpolypen. Jenaische Ztschr. für Naturw. Bd. 15.
1878 Hertwig, O. u. R., Das Nervensystem und die Sinnesorgane der Medusen.
1912 Jacobsohn, Die Nesselzellen. Arch. f. Naturgesch. Bd. 78. Abt. A.
1882 Jikeli, C. F., Der Bau der Hydroidpolypen I u. II. Morph. Jahrb. Bd. 8.
1910 Issakowitsch, A., Die Randdrüsen der Porpita mediterranea. Festschrift für R. Hertwig. Bd. I.
1896 Iwanzoff, N., Über den Bau, die Wirkungsweise und die Entwicklung der Nesselkapseln usw. Bull. d. l. soc. d'hist. nat. d. Moscou. T. X.
1853 Koelliker, A., Die Schwimmpolypen von Messina.
1880 Korotneff, A., Über anatom., biolog. und embryolog. Beobachtungen an Hydra. Zool. Anz. 3. p. 165.
1884 — —, Zur Histologie der Siphonophoren. Mitt. der zool. St. Neapel Bd. 5.

1909 — —, Histolog. Betrachtungen über Mitochondrien. Arch. für Zellf. Bd. 5.

1914 v. KRASINSKA, S., Beiträge zur Histologie der Medusen. Ztschr. wiss. Zool. Bd. 109.

1887 v. LENDENFELD, R., Die Nesselzellen. Biol. Zentralbl. Bd. 7.

1897 — —, Die Nesselzellen der Cnidaria. Ibid. Bd. 17.

1911 LIPIN, A., Morph. und Biol. v. Polypodium hydriforme. Zool. Jahrb. Abt. Morph. Bd. 31.

1866 MOEBIUS, K., Über den Bau, Mechan. und Entwicklung d. Nesselkapseln usw. Abhdl. Naturw. Ver. Hamburg.

1910 MOROFF, TH., Entwicklung der Nesselzellen bei Anemonia. Arch. für Zellf. Bd. 4.

1894 MURBACH, L., Beiträge zur Kenntn. d. Anat. u. Entw. d. Nesselorg. usw. Arch. f. Naturgesch. Jahrg. 60. Bd. 1.

1887 NUSSBAUM, M., Über die Teilbarkeit der Materie II. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 29.

1890 SCHNEIDER, K. C., Histologie v. Hydra fusca etc. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 35.

1891 — —, Einige histologische Befunde an Coelenteraten I. Zool. Anz. Bd. 14.

1892 — —, II. Jen. Ztschr. f. Naturw. Bd. 27.

1894 — —, Mitteil. über Siphon. I. Nesselzellen. Zool. Anz. Jahrg. 17.

1896 — —, II. Grundr. d. Organ. Zool. Jahrb. Bd. 9. Anat.

1898 — —, III. System. u. andr. Bem. Ibid. Bd. 11.

1899 — —, IV. Nesselknöpfe. Arb. zool. Inst. Wien Bd. 11.

1900 — —, V. Nesselzellen. Ibid. Bd. 12.

1909 TOPPE, O., Über die Wirkungsweise der Nesselk. v. Hydra. Zool. Anz. Jahrg. 33.

1910 — —, Untersuchungen über den feineren Bau der Cnidarier usw. Zool. Jahrb. Anat. Bd. 29.

1909 WILL, L., Die Klebkapseln der Aktinien usw. Sitzungsber. d. Naturf. Ges. Rostock. (2) Bd. I.

1909a — —, Über das Vorkommen kontraktiler Elemente. Ibid.

1910 — —, Die sekretorischen Vorgänge b. d. Nesselkapselbild d. Coelent. Ibid. Bd. 2.

1914 — —, Kolloidale Substanz als Energiequelle f. mikr. Schußwaffen der Coelent. Abhdl. Königl. preuß. Akad. d. Wiss. Phys.-math. Kl.

Abkürzungen auf den Figuren.

absta	= Absteigender Ast des Lassos.
Aufstz.	= Aufsatz der Nesselkapsel.
Auss. L.	= Aussackungen der Pneumatocyste (Tracheen).
bas. gl. Hst.	= basaler glatter Teil des Halsstücks d. Nessel-K.
Bdor.	= Basaldornen.
birnf. Kaps.	= birnförmige Kapsel.

B. Z. = Bildungszone von Ness.-K.
Centralk. = Centralkapsel im Tentakel der Porpita.
Centrd. = Centrodenia von Porpita und Velella.
C. Kam. = Centralkammer im Tentakel von Porpita.
Cn. = Cnidocil.
Cnbglf. = Cnidocilbegleitfasern.
D. = Punktförmiges erstes Entwicklungsstadium des Dolches.
Dck. = Deckel der Ness.-K.
Dckbl. = helle Bläschen in der Deckelregion.
dist. bed. Hst. = distaler, bedornter Teil des Halsstücks.
Do. = Dolch.
Dp. = Bildungspunkt des Dolches.
Drz. = Drüsenzelle.
Ect. = Ectoderm.
Entd. = Entoderm.
Entodz. = Entodermzelle.
Epmuskz. = Epithelmuskelzelle.
Est. = Entwicklungsstadium der Nessel-K.
F. = Faden d. Ness.-K.
Falt. = Falten des Halsstücks.
Fas. d. absta. = Fasern des absteigenden Astes des Lasso.
Fas. st. = faseriger Stiel.
Fortstz. z. Musk. = Fortsätze von Epithelzellen zu den Muskelfasern.
Fst. = Fadenstücke.
G. ph. = Gonophoren.
gr. Tent. = großer Tentakel mit Nesselknöpfen von Porpita.
G. z. = Ganglienzelle.
Hst. = Halsstück.
Kaps. = Kapsel.
Kapsw. = Kapselwand.
kl. Tent. = kleiner Tentakel ohne Nesselknöpfe von Porpita.
kon. Zwst. = konisches Zwischenstück.
L. = Lasso.
Lbl. = Pneumatocyste.
Mfs. = Muskelfaser.
Mpol. = Hauptsipho von Porpita.
Mqu. = Muskelfaserquerschnitte.
Mundr. = Mundregion des Hauptsipho von Porpita mit Nesselkapseln.
N. = Nucleus.
N. b. z. = Nesselkapselbildungszellen.
opt. Querschn. Verschlr. = optischer Querschnitt durch die Verschlußrinne.
Pr. = Punktreihen.
Pr. Hst. = Punktreihen am Halsstück.
Rf. Dbst. = Ringförmige Durchbruchsstelle.
R. K. = Ringkanal von Porpita.
Rs. = Randsaum von Porpita.
Rsdr. = Randsaumdrüse von Porpita.

Sinhr. = Sinneshaar.
St. = Stiel der Nesselzelle.
Stch. = Stacheln des Nesselfadens.
Stl. = Stützlamelle.
Stm. = Stielmuskel der Nesselzelle.
Str. Explp. = Streifung am Explosionspol.
Verb. = Verbindungsplatte.
Verd. = Verdickung.
Verd. St. d. Kapsw. = Verdünnte Stelle der Kapselwand.
Verschlr. = Verschlußrinne.
Wandst. = Wanderstadium.
Zyl. Kaps. = zylindrische Nesselkapsel.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I. *Hydra.*

Fig. 1. Explodierte große birnförmige Kapsel. Nach zahlreichen Einzeluntersuchungen zusammengestellt.

Fig. 2. Ruhende große birnförmige Kapsel. Man sieht im Innern der Kapsel den großen Dolch, aus den Basaldornen gebildet, und darunter die kleineren aus den Stacheln gebildeten. Osmiums.-Holzessig. (Das Lasso ist aus Heid.-Haem. praep. hineingezeichnet.)

Fig. 3. Die großen zylindrischen Kapseln der 3 grauen Hydraarten. a von grisea, b von fusca und c von attenuata. Osmiums.-Holzessig.

Fig. 4. Zeigt den Entladungspol einer birnf. Kapsel von oben gesehen. Osmiums.-Holzessig.

Fig. 5. Zeigt das Lassoende etwas über die Kapsel geschoben Heid.-Haem.

Fig. 6 a—d. a und b sind kleine birnförmige Kapseln von Hydra grisea. Man sieht das Fadensekret in lange Fäden ausgezogen. c die Fadensekretschraubenlinien am Faden einer großen zylindrischen Kapsel von Hydra grisea. d. Halsstück einer großen birnförmigen Kapsel von Hydra grisea kurz nach der Entladung. Die Schraubenlinien des Fadensekretes ziehen deutlich von der Basis der Basaldornen empor. a, b und d Vitale Methylenblaufärbung. c Säurefuchsinfärbung.

Fig. 7. 3 kleine birnförmige Kapseln von Hydra grisea an einer Cyklopsborste sitzend. Aus dem Gastralraum. Osmiums.-Holzessig.

Fig. 8. Zeigt ein älteres Entwicklungsstadium von Hydra grisea. Im Plasma sieht man die vermeintlichen Fadenstücke (Fst.) verlaufen.

Fig. 9 a—t. Gibt eine Entwicklungsreihe der großen birnförmigen Kapseln von Hydra grisea. t aus Heid. Haem. praep., alle anderen Figuren Mazerationspräp. mit Osmiums.-Holzessig. Näheres s. Text.

Fig. 10 a—g. Entwicklungsreihe des Dolchapparates der großen birnförmigen Kapseln von Hydra grisea. Osmiums.-Holzessig. Maz. praep. Osmiums.-Holzessig.

F.
Kon. Zwst.
dist. bed. Hst.
bas. gl. Hst.
Opt.
Quschn. Verschlr.
1
6b
6c
Bsd.
D
Pr.
Pr.
D.
9h
Dck.
Do.
F
Dck.
Do.
F.
9q
7
8
D.
10a
10b
10e
F.
14d
Dck.
10c
10d
10f
15c

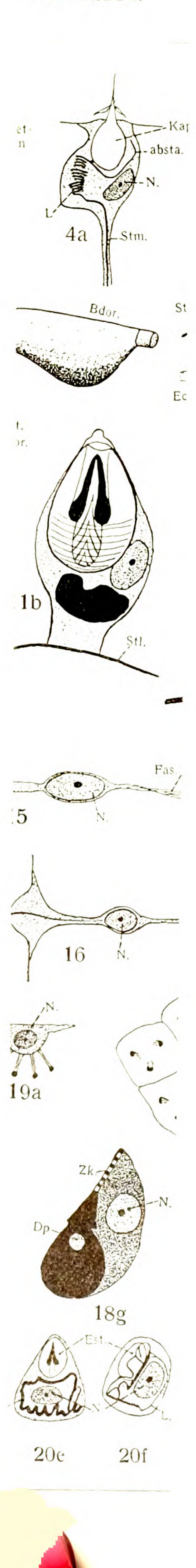

Kap
absta.
N.
L
4a
Stm.
Bdor.
St
Ec
1b
Stl.
Fas
5
N.
16
N.
N.
19a
Zk
N.
Dp
18g
Est.
N.
L.
20c
20f

Fig. 11. Spätes Entwicklungsstadium der großen zylindrischen Kapsel von Hydra attenuata. Maz. Praep. Osmiums.-Holzessig.

Fig. 12a—b. Figur zur Erläuterung der Beugungserscheinungen. a Tiefe und b hohe Einstellung.

Fig. 13a—b. Figur zur Erläuterung der Beugungserscheinungen. Näheres über Fig. 12 und 13 s. Text.

Fig. 14 a—d. Spätere Entwicklungsstadien der großen zylindrischen Kapseln von Hydra grisea. Osmiums.-Holzessig.

Fig. 15 a—c. Entwicklungsreihe des Deckels der großen birnförmigen Kapseln. Bütschlis Eisenhaem.-Eosin.

Fig. 16. Nesselzelle aus einem Mazerationspräparat (Osmiums.-Holzessig), um das Lasso zu zeigen.

Fig. 17. Entladungspol einer großen birnförmigen Kapsel. Der Dolch ist der größeren Deutlichkeit halber weggelassen worden. Körnerstruktur des Halsstücks. Mazerationspräp. mit Methylenblau gefärbt.

Tafel II. *Porpita mediterranea.*

Fig. 1. Querschnitt durch einen Nesselknopf. Heid. Haem.-Erythrosin.

Fig. 2. Ektoderm aus einem Nesselknopfstiel. Heid. Haem.-Erythrosin.

Fig. 3a—c. Drüsen- und Ganglienzellen aus mazerierten Randdrüsen. Osmiums.-Holzessig. Methylenblau.

Fig. 4a—b. Zwei große birnförmige Kapseln mit deutlichen Lassowindungen. Heid. Haem.-Eosin.

Fig. 5. Nesselzelle mit großer birnförmiger Kapsel. Man sieht deutlich, wie der absteigende Ast (absta) des Lassos sich in mehrere Fasern zerteilt (Fas. d. absta.). Heid. Haem.-Eosin.

Fig. 6. Explodierte große birnförmige Kapsel, die etwas aus ihrer Lage gebracht ist. Das Lassoende liegt über der Kapsel. Heid. Haem.-Erythrosin.

Fig. 7. Zeigt das Anfassen der Fasern des Stielmuskels an der Zentralkapsel. Heid. Haem.-Eosin.

Fig. 8. Kontrahierter Stielmuskel. Maz. praep. Osmiums.-Holzessig.

Fig. 9. a explodierte, b ruhende große birnförmige Kapsel. Aus Einzelbeobachtungen schematisiert.

Fig. 10. Basaldorn der großen birnförmigen Kapsel. Maz. praep.

Fig. 11 a—c. Zeigt das Wanderstadium (a) und dessen Festsetzen (b) und Emporwachsen zur Oberfläche unter Stielbildung (c). Heid. Haem.-Erythrosin.

Fig. 12. Differenzierung der plasmatischen Oberfläche des Stieles. Heid. Haem.-Eosin.

Fig. 13a—b. Cnidocilapparat. a von der Seite; b von oben. Heid. Haem. Eosin.

Fig. 14 a—b. a ruhende, b explodierte birnf. Kapsel; um das Eindringen des Aufsatzes ins Ektoderm (a) und (b) das ringförmige Umfassen des Ektoderms um das Halsstück zu zeigen. Heid. Haem.-Eosin.

Fig. 15. Ektodermzelle aus einem Nesselknopf. Maz. praep. Osms.-Holzessig.

Fig. 16. Sinneszelle aus einem Nesselknopf. Maz. praep. Osms.-Holzessig.

Fig. 17 a — b. a ruhende, b explodierte zylindrische Kapsel. Mazer. praep. Osmiums.-Holzessig.

Fig. 18 a — h. Entwicklungsreihe der birnförmigen Kapsel. a—f Heid. Haem., Erythrosin, g und h Mallory.

Fig. 19 a — b. a Ektodermzelle mit mehreren Fasern zu den Muskelfasern (Mqu); b Verschiedene Epithelmuskelzellen von der Fläche gesehen. In der Mitte die aufsteigenden Fortsätze zu den Muskelnfasern (Forts. z. Musk.). Heid. Haem.-Eosin.

Fig. 20 a — m. Entwicklungsreihe des Lassos. Heid. Haem.-Erythrosin.

Fig. 21 a — i. Entwicklungsreihe der zylindrischen Kapsel. a—e Heid. Haem. Eosin; f und g Mallory; h und i Mazer. praep. Osmiums.-Holzessig.

Über Ringbildung bei einigen Tropenhölzern.

Von **Anton Link.**

Mit 60 Textfiguren.

Bis vor wenigen Jahren wurde der Frage nach der Peridiozität des Dickenwachstums bei Pflanzen, speziell Hölzern in gleichmäßig feuchtem Tropenklima so gut wie kein Interesse geschenkt; erst in letzter Zeit beschäftigten sich einige wenige Autoren mit deren Lösung. Zunächst wurde die frühere Ansicht — daß die betr. Hölzer eine Unterbrechung ihres Wachstums überhaupt nicht erfahren — widerlegt; es wurde betont, daß wenigstens bei gewissen Baumarten sich ein Wechsel in der Gestalt, Größe und Anordnung der Elemente beobachten läßt, daß also auch hier Zonen (Zuwachszonen) auftreten.

Es wurde nun die Frage bearbeitet, ob es sich bei den Tropenhölzern, ähnlich den bei uns einheimischen Bäumen um eine bestimmte Periodizität handle, und es wurde nach deren Ursachen geforscht. Eine endgültige Lösung der Frage steht heute noch aus; die Ansichten der Autoren gehen noch in den Punkten auseinander, ob die Periodizität des Zuwachses (also auch die Jahresringe unserer Bäume) eine Folge der Periodizität im Klima ist, oder ob sie durch innere Gründe, also etwa durch eine ererbte Rhythmik, hervorgerufen worden ist. Ursprung (1904, S. 189) hält bei seinen holzanatomischen Studien an Tropenhölzern beides für möglich; er sagt darüber:

„Es ist erstens möglich, daß das Wachstum ursprünglich aus inneren Gründen ein gleichmäßiges war und nur infolge der klimatischen Schwankungen eine Periodizität annahm, daß dann später bei der Übersiedelung in ein gleichmäßiges Klima die einen Bäume kontinuierlich weiter wuchsen, die andern aber, infolge der Nachwirkung, die Periodizität in verschiedenen graduellen Abstufungen beibehielten.“

Nach Reiches Beobachtungen (1897, S. 81) in den Tropen kann das Dickenwachstum in einem gleichmäßigen Tropenklima

seine Periodizität aufgeben *(Lavatera assurgentiflora, Eucalyptus globulus, Loranthus tetrandus)* oder beibehalten *(Persea Lingue, Aristotelia Maqui L'Herit, Psoralea glandulosa).*

Holtermann beschreibt bei seinen Untersuchungen der Flora von Ceylon Bäume mit und ohne abgegrenzte Zuwachszonen und ist der Ansicht, daß solche bei schnellwachsenden, laubwerfenden Bäumen am deutlichsten seien, während in der Regel sehr langsam wachsende Pflanzen gar keine Zuwachszonen zeigen.

Noch einige andere Arbeiten beschäftigen sich mit der Periodizität von Tropenpflanzen, meistens jedoch gelten die Beobachtungen dem Laubwechsel usw. ohne Rücksicht auf die Anatomie des Holzes.

Auch Simons (1914) „Studien über die Periodizität der Lebensprozesse der in dauernd feuchten Tropen heimischen Bäumen" waren in erster Linie auf eine Klärung des zeitlichen Verhaltens der äußerlich sichtbaren Wachstumsvorgänge, der Sproß- und Laubentwicklung bei den laubwechselnden nicht immergrünen Baumarten gerichtet. Daneben beobachtete er auch den inneren Zuwachs des Holzes, worüber er sagt (S. 175): „Wie das äußerlich sichtbare Wachstum, so unterliegt auch das innere durch das Kambium geleistete Dickenwachstum in den Ästen und wohl auch im Stamme einem periodischen Wechsel von Tätigkeit und Ruhe. Am klarsten tritt dieser Wechsel naturgemäß an jenen Baumarten hervor, welche für längere Zeit ganz blattlos werden. Geringe Zeit dagegen währt diese Ruhe bei jenen Arten, welche vor dem Treiben nur kurze Zeit oder überhaupt nicht gänzlich kahl werden; sie ist aber, wie unsere Untersuchungen einwandfrei zeigten, stets vor dem Austreiben der Knospen zu konstatieren."

Weitere anatomische Arbeiten über Tropenhölzer von Michael, Möller und Solereder werden bei der Beschreibung der einzelnen Hölzer Erwähnung finden.

Meine Aufgabe war es nun, die Holzbildung an einer Anzahl, in Java, speziell in und um Buitenzorg gewachsenen Hölzern zu studieren, deren genaues Alter bekannt war und von denen meist mehrere Exemplare von verschiedenem Alter vorhanden waren; ich legte besondere Aufmerksamkeit darauf, ob die Jahre durch irgend welche Periodizität in der Anordnung der Holzelemente zu erkennen waren.

Das Material wurde mir durch meinen sehr verehrten Lehrer, Herrn Klebs, der es anläßlich seines Aufenthaltes 1910/11 in Java teils im botanischen Garten von Buitenzorg, teils im Versuchsgarten Tjikemoe sammeln ließ, zur Verfügung gestellt. Es sei mir an dieser Stelle gestattet, ihm für seine Anregung zu dieser Arbeit und die freundliche Unterstützung, die er mir bei deren Ausführung hat angedeihen lassen, meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Ferner aufrichtigen Dank dem Herrn Tromp de Haas, dem Vorsteher des Agrikultur-chemischen Laboratoriums und dem Leiter des Fremden-Laboratoriums, Herrn Dr. v. Faber, die Herrn Klebs in liebenswürdiger Weise die Sammlung der Hölzer, ebenso einige lebende Pflanzen zur Verfügung stellten, an denen einige Versuche angestellt wurden.

Bei der Benennung der einzelnen Elemente schloß ich mich der von Moll und Jansonius vorgeschlagenen Nomenklatur an; danach kommen bei den von mir bearbeiteten Hölzern in Betracht: von dem trachealen System: Gefäße. Von den Elementen des Libriforms: die einfachen Libriformfasern (Holzfasern). Von den Elementen des holzparenchymatischen Systems: das Holzparenchym und das Markstrahlparenchym. — Sehr scharf abgegrenzte Ringbildung ist meist nicht zu erkennen; die auftretenden Zonen nannte ich, einem Vorschlage von Herrn Klebs (1914, S. 89) folgend, an Stelle der bei unsern einheimischen Bäumen gebrauchten Ausdrücken Früh- und Spätholz, Eng- und Weitholz; wobei unter Engholz meist verdickte, radial verkürzte Zellformen (Libriform und Parenchym), evtl. Abnahme der Zahl und der Lumina der Gefäße, unter Weitholz Zonen mit zahlreich auftretendem Parenchym und weiten, verdünnten Holzfasern evtl. größeren Gefäßen zu verstehen ist, auf Zwischenformen und besondere Zellarten ist bei den betreffenden Hölzern, wo sie auftreten, hingewiesen.

Die Präparation der Hölzer für die mikroskopische Untersuchung führte ich folgendermaßen aus: Von jedem Exemplar teilte ich 1—3 Radien in kleine Klötzchen, die ich einen halben bis einen ganzen Tag in gewöhnlichem Wasser einweichte (*Coffea* kochte ich vor der Verarbeitung noch ca. ½ Stunde), die Schnitte stellte ich am Mikrotom (0,015—0,020 mm) her, färbte sie mit Safranin und legte sie zur Untersuchung und zum Aufbewahren in Glyzerin-Gelatine.

Erythroxylon Coca (Fam. *Gruinales*).

Das Material stammt mit Ausnahme des 15jährigen Exemplars aus der Versuchsabteilung der botanischen Abteilung des botanischen Gartens Buitenzorg (unter der Leitung des Herrn Tromp de Haas).

Das rötliche, weiche Holz besteht aus folgenden Elementen: Markstrahlzellen, Holzparenchym, Holzfasern und Gefäßen.

Die Markstrahlen durchsetzen das Holz in 5 bis 15 Schichten hohen und meist in ein, seltener zwei Reihen breiten Komplexen. Die auf dem Tangentialschnitt rund bis elliptisch erscheinenden Zellen sind radial gestreckt und zeigen unter sich wenig Änderung.



Fig. 1. *Erythroxylon coca;* 15 jährig. Querschnitt makroskopisch.

Das Holzparenchym führt, wie die Markstrahlzellen Stärke, liegt meist um die Gefäße zerstreut, tritt in eigenen kleineren Komplexen auf und ist schließlich teilweise zu ringähnlichen Schichten angeordnet.

Die Holzfasern führen keinen lebenden Inhalt, sind also echte Sklerenchymfasern, sie haben sehr stark verdickte Zellwände, treten bedeutend zahlreicher auf, als das Parenchym und bilden also die Grundsubstanz.

Die sehr langen und, wie auf dem Querschnitt ersichtlich, zerstreut liegenden Gefäße zeigen bezüglich des Durchmessers wenig Größenunterschied (0,045—0,07 mm) und treten sehr häufig auf.

Mit bloßem Auge lassen sich, wie die Figur 1 zeigt, auf dem Holz teils mehr, teils weniger scharf ringähnliche Streifen erkennen, die teilweise durch den ganzen Schnitt verlaufen, sich jedoch meistens darauf verlieren oder ineinander übergehen; eine bestimmte Zahl anzugeben ist kaum möglich, da die Streifen meist verschwommen sind; indes erhellt deutlich, daß die Zahl mit den Jahren der betr. Hölzern nicht übereinstimmt.

Die mikroskopische Untersuchung (Fig. 2) ergibt wenig Übereinstimmung im Wechsel und in der Anordnung der Elemente; Schichtungen, die makroskopisch nicht voneinander zu unterscheiden sind, werden teils durch wenig verdickte Libriformfasern (Engholz), teils durch Parenchym (Weitholz) hervorgerufen; andere für das bloße Auge sichtbare Ringe sind nur Farbunterschiede und im Mikroskop nicht wieder zu erkennen.

Zur Untersuchung gelangte 4-, 5-, 6-, 7- u. 15jähriges Material, von dem je der größte Radius geschnitten und durchweg verfolgt wurde.

Die schematisch dargestellten Sektoren sind folgendermaßen zu verstehen: die durchgezogenen Linien zeigen die makroskopisch und mikroskopisch zu erkennenden Ringschichten von verdickten Holzfasern, die gestrichelten solche, die nur bei der mikroskopischen Untersuchung sichtbar und durch dieselbe Verdickung hervorgerufen sind, und die punktierten, die ausschließlich aus Parenchym und Gefäße bestehenden Ringe.

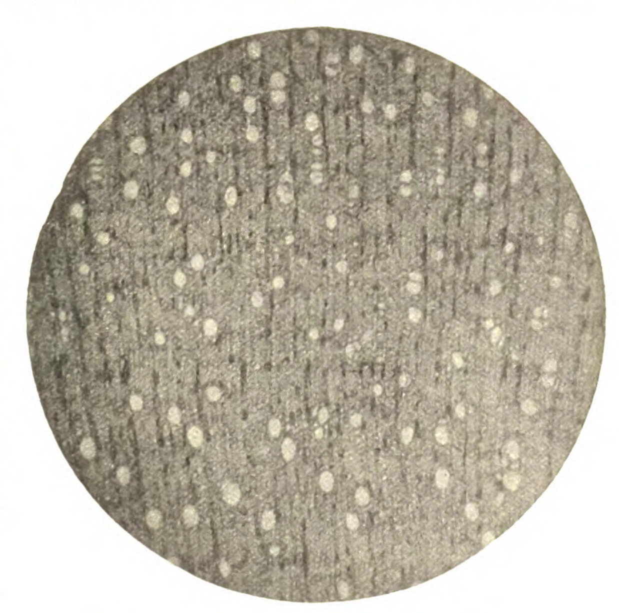


Fig. 2. *Erythroxylon coca;* 15jährig. Querschnitt mikroskopisch.

Wie ferner zu erkennen und vorhin erwähnt wurde, verlieren sich im Holz mehrfach solche ringähnlichen Gebilde. Außer diesen markierten Ringen sind häufig Komplexe von verdickten Holzfasern zu beobachten. Wesentlich ist, daß das Gefäßlumen weder in diesen Komplexen noch im Eng- oder Weitholz sich ändert.

Das vierjährige Holz zeigt auf dem 16 mm messenden größten Radius, wie aus dem Schema ersichtlich ist, 14 durchlaufende Schichten, von denen 8 mit bloßem Auge als schmale Streifen zu erkennen sind. Die übrigen 5, im Mikroskop noch durch den ganzen Schnitt verfolgbaren Ringe, sind makroskopisch nicht sichtbar, ebensowenig der Parenchymring; außer diesen

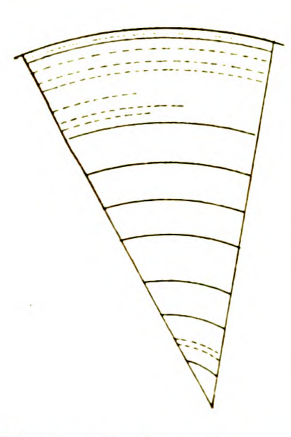


Fig. 3. *Erythroxylon coca*, 4 jährig. Querschnitt schemat. Radius 16 mm. 3 fach vergrößert.

durchlaufenden Schichten treten 3 solche auf, die sich im Verlaufe des Schnittes verlieren.

Der nur 12 mm messende größte Radius des fünfjährigen Materials läßt mit bloßem Auge 9 Ringe erkennen, die im Mikroskop ebenfalls als solche und zwar infolge verdickter Libriformfasern beobachtet werden können; außer diesen finden sich noch 5 durchlaufende und 4 sich verlierende Streifen.

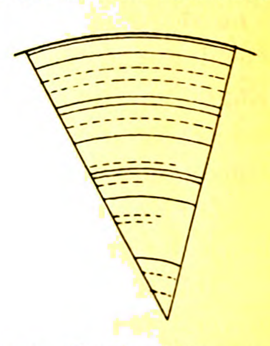


Fig. 4. *Erythroxylon coca*, 5 jährig. Querschnitt schemat. Radius 12 mm. 3 fach vergrößert.

Auf dem 13 mm messenden Radius des sechsjährigen Holzes sind makroskopisch nur 2 Ringe zu sehen; bei der genauen Untersuchung ergeben sich aber 6 solche von dichterem Libriform, ferner 3 Parenchymringe; 2 Libriformstreifen und ein solcher von Parenchym verlieren sich.

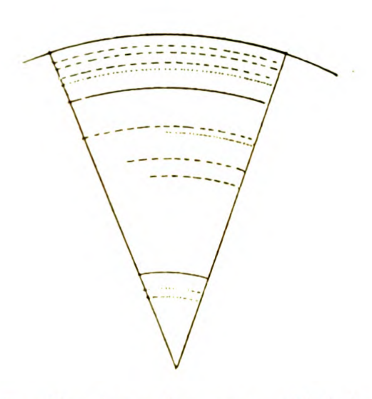


Fig. 5. *Erythroxylon coca*, 6 jährig. Querschnitt schematisch. Radius 13 mm. 3 fach vergrößert.

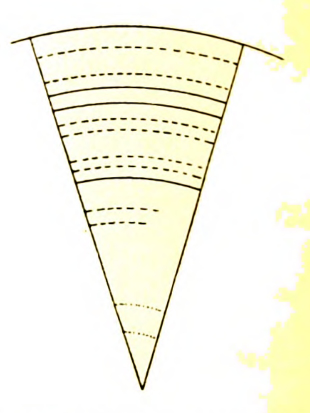


Fig. 6. *Erythroxylon coca*, 7 jährig. Querschnitt schematisch. Radius 14 mm. 3 fach vergrößert.

Das siebenjährige Holz zeigt auf dem 14 mm messenden Radius 11 durchlaufende Streifen und zwar 9 von dichterem Libriform und 2 von Parenchym.

Auffallend wenig Schichtung läßt der 28 mm messende Radius des fünfzehnjährigen Materials erkennen. Das bloße Auge sieht nur einen deutlicheren und drei schwächere Ringe; bei mikroskopischer Untersuchung findet sich außer diesen im jüngsten Holze noch ein Ring aus Holzfasern und ein solcher aus Parenchym; die schmalen Schichten in der Mitte des Schnittes verlieren sich allmählich.

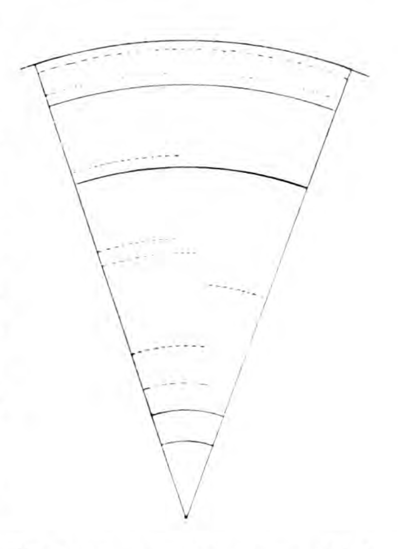


Fig. 7. *Erythroxylon coca*, 15 jährig. Querschnitt schematisch. Radius 28 mm. 2 fach vergrößert.

Vergleichen wir die fünf verschiedenen Jahrgänge des untersuchten Holzes, so zeigen schon die schematischen Sektoren, daß kein gleichmäßiger Zuwachs zu erkennen ist. Die angeführten Schichtungen mögen auf Wechsel des Klimas und des Nährsalzgehaltes des Bodens zurückzuführen sein; eine regelmäßig wiederkehrende Schichtung ist jedenfalls nicht festzustellen; und es ist daher auch unmöglich, an der Struktur das Alter des Holzes zu erkennen. Am deutlichsten geht dies aus dem Sektor des 15jährigen Exemplars hervor, in dessen mittlerem Teil das Kambium fast völlig homogenes Holz bildete.

Coffea (Fam. *Rubiaceae*).

Die sämtlichen Hölzer von *Coffea* mit bestimmten Angaben der Spezies und des Alters sind von Herrn Dr. v. Faber gesammelt worden.

Es treten hier dieselben Elemente wie bei *Erythroxylon* auf, also Markstrahlen, Parenchym, echte Holzfasern und Gefäße.

Markstrahlen und Parenchym sind stärkehaltig. Die Markstrahlen verlaufen meist in ein oder zwei Reihen, doch sind auch drei nicht selten, und bei einer Spezies wurden vereinzelt vier beobachtet. Häufig ändert sich die Zahl ihrer Reihen im Verlauf des Schnittes; so ist es nicht selten, daß ein im äußeren Teil des Holzes zweireihiger Markstrahl in der Mitte in drei und weiter innen in eine Reihe übergeht. Die einzelnen Zellen unterscheiden sich untereinander häufig in Gestalt und Anordnung; besonders

charakteristisch sind die Übergänge von schmalen, radial gestreckten, in kubische und schließlich in stehende Zellen; häufig lassen sich letztere Formen vom Parenchym kaum mehr unterscheiden, und das einzige Kennzeichen für die Markstrahlzellen sind die Kristalle von oxalsaurem Kalk, die sich sehr zahlreich in ihnen vorfinden.

Auf dem Tangentialschnitt erscheinen die Markstrahlzellen in Komplexen bis zu 25 Schichten hoch, selten sind sie mehrschichtig. An diese einzelnen Komplexe schließen sich häufig Parenchymreihen an und verbinden den einen mit dem nächsten; deutlich läßt sich dies auf dem Radialschnitt beobachten, wo auch die allmählichen Übergänge der Markstrahlzellformen gut verfolgt werden können. Im Allgemeinen sind auf dem Radialschnitt nur geringe Unterschiede zwischen den einzelnen Spezies zu finden; die wenigen, die auftreten, sind bei der Einzelbeschreibung angeführt. Besser als auf dem Radialschnitt treten Unterschiede der einzelnen *Coffea*-Arten auf dem Tangentialschnitt hervor und zwar bezüglich der Lumengröße der Markstrahlzellen, der Anordnung der einzelnen Komplexe und der Verteilung von Holzfasern und Parenchym.

Das Lumen der Markstrahlzellen ist sehr gering und variiert im allgemeinen zwischen 0,010 und 0,015 mm; bei zwei Arten treten größere Lumina auf, worauf an der betreffenden Stelle hingewiesen wird.

Das Holzparenchym ist reichlich vertreten, schließt, wie erwähnt, häufig Markstrahlkomplexe ein, bildet diesen parallellaufende Streifen, ist um Gefäße und im Sklerenchym verteilt und schließlich in kleineren, mitunter ringähnlichen Schichten zu beobachten. Die Holzfasern sind deutlich und zahlreich getüpfelte echte Sklerenchymfasern, stark verdickt und bilden die Grundsubstanz.

Die Gefäße sind bei den verschiedenen Arten verschieden lang und durchweg englumig, ihr Durchmesser wechselt zwischen 0,015 und 0,07 mm, die Perforation ist einfach.

Ganz ähnlich, wie bei *Erythroxylon*, sind makroskopisch ringartige Gebilde auf dem Holze zu erkennen, und zwar treten neben verschwommenen breiten Partien schmälere und etwas deutlicher ausgeprägte hervor.

Die Photographie von 12jähriger *Coffea aleocuta* zeigt solche Ringschichten, deren Zahl mit dem Alter keine Übereinstimmung zeigt; ein genaueres Bild ergibt sich aus der Einzelbeschreibung der Spezies und den betr. Schemata.

Auch mikroskopisch sind Schichtungen festzustellen; die genauere Untersuchung ergibt, daß diese Schichten nicht immer durch denselben Wechsel der Elemente bedingt sind. So zum Beispiel können auch hier von makroskopisch nicht zu unterscheidenden Ringen der eine durch Weitholz, der andere durch Holzfasern und zwar häufig durch radial verkürzte, also durch Engholz, und wieder andere dadurch hervorgerufen sein, daß die Elemente dieselben bleiben und nur durch gedrängtere Anordnung hervortreten. Ganz selten wird an solchen Stellen auch eine Abnahme des Gefäßlumens beobachtet. MICHAEL (1885, S. 53) schreibt bei *Coffea arabica* über diesen Größenunterschied: „Am gelblichen, weichen Holze erscheinen die Jahresringzeichnungen — (nur durch wenig größere Gefäße im Frühholz hervorgerufen) — verwischt".



Fig. 8. *Coffea aleocuta*, 12 jährig. Querschnitt makroskopisch.

Bei *Coffea arabica*, der einzigen Spezies, die MICHAEL erwähnt, läßt sich dieser Größenunterschied einige Male feststellen, manchmal auch ringartig verfolgen, was indes bei den andern, von mir untersuchten *Coffea*-Arten nicht der Fall ist. Aus diesem Grunde, vor allem aber deshalb, weil die Zahl der Änderungen mit dem Alter, d. h. mit den Jahren des betreffenden Holzes nicht übereinstimmt, können die erwähnten Schichten nicht als Jahresringe bezeichnet werden. Da ferner die geringen Lumenänderungen der andern

Elemente, soweit solche überhaupt vorhanden sind, mit denen der Gefäße nicht identisch sind, kann hierbei auch nicht von Früh- und Spätholz die Rede sein; dies bestätigt sich besser als bei *arabica* bei den andern Arten des Kaffeebaums.

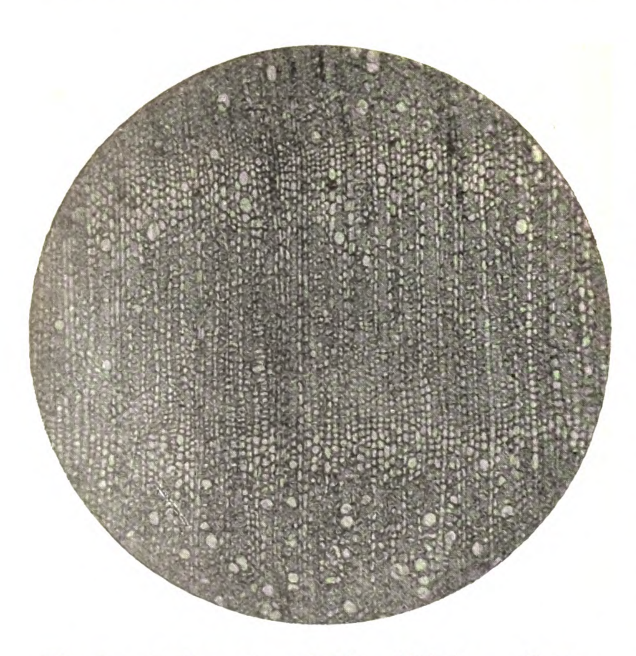


Fig. 9. *Coffea stenophylla*, 6jährig. Querschnitt mikroskopisch.

Die zur genaueren Übersicht über den Verlauf der Ringschichten angefertigten schematischen Sektoren sind folgendermaßen zu verstehen: die strichpunktierten Linien stellen die deutlichen, die gestrichelten die weniger deutlichen nur mikroskopisch zu erkennenden Parenchymringe; die durchgezogenen Linien die verdickten, häufig radial verkürzten Holzfasern (Engholz), die mehr oder weniger stark angelegten breiteren Streifen die durch dichtere Anordnung der Elemente hervorgerufenen Schichten dar.

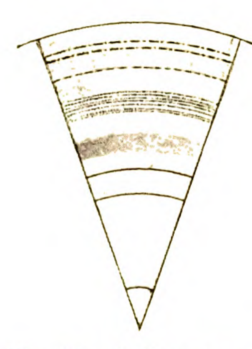


Fig. 10. *Coffea stenophylla*, 6jährig. Querschnitt schematisch. Radius 36 mm. Natürl. Größe.

Beschreibung der einzelnen Spezies.

Untersucht wurden:

1. *Coffea stenophylla* . . . . . 6 und 8 jährig,
2. ,, *liberica* . . . . 8 ,,
3. ,, *Laurentii (robusta)* . 6 ,,
4. ,, *aleocuta* . . . . . . 9 und 12 ,,
5. ,, *canephora* . . . . . 6 ,,
6. ,, *quillou* . . . . 6 ,,
7. ,, *arabica* . . . . 8 ,,
8. ,, ,, *(var. maragogyp)* 9 ,,
9. ,, *excelsa* . . . . 5 ,,

1. *Coffea stenophylla* (6jährig).

Makroskopisch treten auf dem 36 mm messenden Radius 6 ringartige Schichten hervor und zwar in den Entfernungen 34, 33½, 31, 19½, 16 und 5 mm vom Mittelpunkt. Die beiden ersten sind mikroskopisch deutlich zu erkennen und zwar, wie obige Mikrophotographie zeigt, als Ringe aus Weitholz. Die Anzahl der Gefäße bleibt in und um sie die gleiche, ebenso ihr Lumen (0,016 bis 0,025 mm). Der dritte Ring ist nicht so markant wie die beiden ersten; etwas zahlreicher vorhandenes Parenchym läßt die sonst dichte Anordnung der Elemente lockerer erscheinen; bezüglich der Gefäßlumina ist auch hier kein Unterschied zu bemerken. Mit Hilfe der Lupe sind in der Entfernung von 26—28 mm vom Mittelpunkt 7 ganz schmale ringartige Streifen zu erkennen, die im Mikroskop untersucht, Anhäufungen von Gefäßen ergeben. Die drei letzten Schichten sind selbst bei starker Vergrößerung kaum als solche zu beobachten und durch wenig Engholz und dichtere Anordnung der Elemente bewirkt.

Die Markstrahlen treten in 5—25 Schichten hohen Komplexen auf, sind mehr vom Sklerenchym als Parenchym umgeben, ihr Zellumen beträgt im Durchschnitt 0,01 mm. Auf 1 qmm kommen 10 Markstrahlreihen, dazwischen laufen ihnen parallel Parenchymreihen. Der Radialschnitt zeigt deutlich die bereits erwähnten Übergänge von radial bis tangential gestreckten Markstrahlzellen.

Coffea stenophylla (8jährig).

Der nur 16 mm messende Radius weist 4 Ringstreifen auf und zwar einen Parenchymring und 3 solche von verdicktem Libriform.



Fig. 11. *Coffea stenophylla.* 8jährig. Querschnitt schemat. Radius 16 mm. Natürl. Größe.

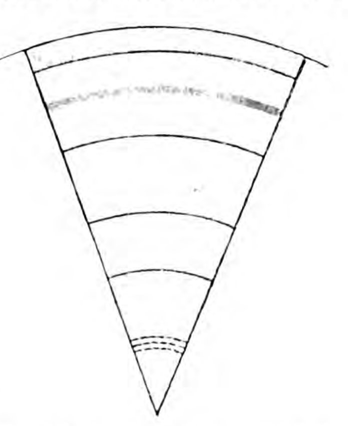


Fig. 12. *Coffea liberica.* 8jährig. Querschnitt schematisch. Radius 46 mm. Natürl. Größe.

2. *Coffea liberica* (8jährig).

Die Markstrahlkomplexe sind bis 42 Schichten hoch und bis zu 4 Reihen breit. Öfter als bei *stenophylla* umgibt Parenchym diese und trennt zwei Komplexe voneinander; dies erregt auf dem Querschnitt oft den Anschein, als

hätte man es mit 7—8 Reihen breiten Markstrahlen zu tun; dazu trägt vor allem auch der geringe Größenunterschied der Parenchym- und Markstrahlzelllumina bei; für ersteres ergibt sich die Durchschnittszahl 0,0145 mm, für letzteres 0,0142 mm.

Auf einen Millimeter Breite kommen 12 Markstrahlreihen.

Das Gefäßlumen ist im Durchschnitt etwas größer, als das von *stenophylla* und variiert zwischen 0,020 und 0,060 mm.

Der Querschnitt zeigt auf dem 46 mm messenden Radius dem bloßen Auge 8 undeutliche Streifen. Die drei innersten sind durch Weitholz hervorgerufen und, wie die anderen, durch Engholz und dichtere Anordnung der Elemente bedingt, nur schwer zu erkennen.

3. *Coffea Laurentii (robusta)*, 6jährig.

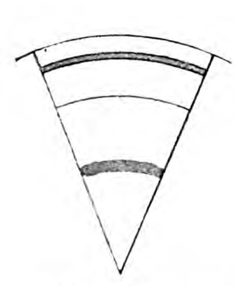


Fig. 13. *Coffea Laurentii (robusta)*, 6 jährig. Querschnitt schemat. Radius 28 mm. Natürliche Größe.

Auch hier sind häufig 3—28 Schichten hohe und ein bis drei Reihen breite Markstrahlkomplexe durch ihnen parallellaufende Parenchymstreifen getrennt; die Markstrahlzellen wechseln in der Länge zwischen 0,008 und 0,032 mm und dementsprechend in der Breite zwischen 0,042 und 0,02 mm; oft sind sie nur durch die eingelagerten Kristalle von den Parenchymzellen zu unterscheiden.

Auf 1 mm Breite kommen 18 Markstrahlreihen. Das Gefäßlumen mißt im Durchschnitt 0,03 mm.

Der 28 mm messende Radius läßt 4 Schichtungen erkennen in den Entfernungen 26, 25½, 21 und 13 mm vom Mittelpunkt. Die beiden schmalen Streifen bei 26 und 25½ mm schließen eine Schicht von dichteren Libriformfasern ab, in der das Gefäßlumen etwas kleiner ist, der nächste Ring besteht aus Engholz, der folgende breitere und undeutliche aus gedrängter angeordneten Elementen.

4. *Coffea aleocuta* (9jährig).

Zunächst unterscheidet sich dieses Holz von den zuvor untersuchten durch die Größe der Gefäße, deren Lumen zwischen 0,04 und 0,07 mm variiert, ferner ist mehr Parenchym vorhanden, das

isoliert, in einzelnen Komplexen und in radialen Streifen auftritt, die den Markstrahlen parallel laufen.

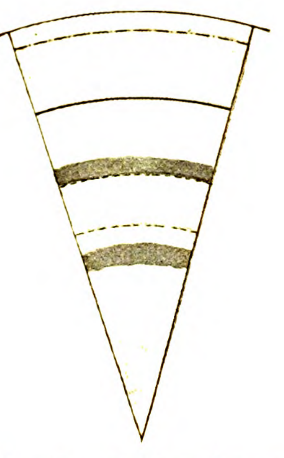


Fig. 14. *Coffea aleocuta*, 9jährig. Querschnitt schematisch. Radius 50 mm. Natürl. Größe.

Auf einen Millimeter Breite kommen 10 Markstrahlen, deren Zellumen durchschnittlich 0,02 mm betragen.

Auf dem 50 mm messenden Radius sind 5 Ringschichten sichtbar. Die erste ist durch Parenchym hervorgerufen; viel deutlicher als diese fällt die Zweite auf; ganz plötzlich wird, wie die Photographie zeigt, das Sklerenchym dickwandiger und englumiger, auch das Gefäßlumen ist reduziert. Diese markante Stelle hat Ähnlichkeit mit den Jahresringen unserer Hölzer, resp. deren Engholz, während typisches Weitholz auch hier nicht zu finden ist.

Der dritte makroskopisch ins Auge fallende Ring ist im Mikroskop ganz schwach wieder zu erkennen; dessen Struktur sowie die der beiden nächsten ist auf dem Schema ersichtlich.

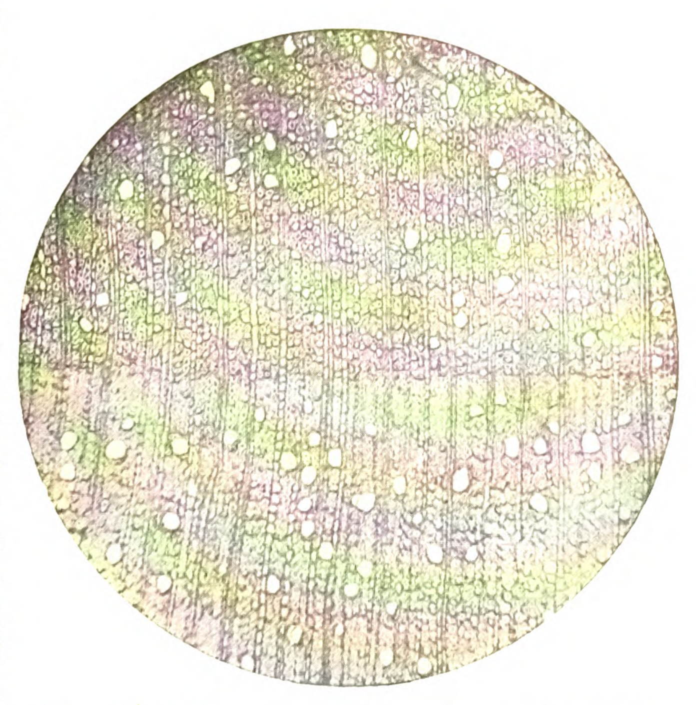


Fig. 15. *Coffea aleocuta*, 9jährig. Querschnitt, Mikrophotographie.

Coffea aleocuta (12jährig).

Der 55 mm messende Radius trägt 7 Ringschichten; außer der ersten, aus Parenchym bestehend, sind sie durch etwas dichter angeordnete Elemente und wenig Engholz bedingt.

5. *Coffea canephora* (6jährig).

Die Lumina der Gefäße, Markstrahlzellen und des Parenchyms sind kleiner als bei den vorhergehenden Arten; das der Gefäße beträgt im Durchschnitt 0,03 mm und variiert zwischen 0,015 und 0,040 mm. Die Markstrahlkomplexe sind häufiger von Sklerenchym als von Parenchym eingeschlossen und oft nur durch ersteres voneinander getrennt.

Auf dem Radius (27 mm) verlaufen 4 verwischte Schichten, von denen die beiden äußeren etwas deutlicher zu erkennen sind und zwar als verdickte Sklerenchymstreifen, die inneren lassen sich kaum von der Grundmasse unterscheiden.

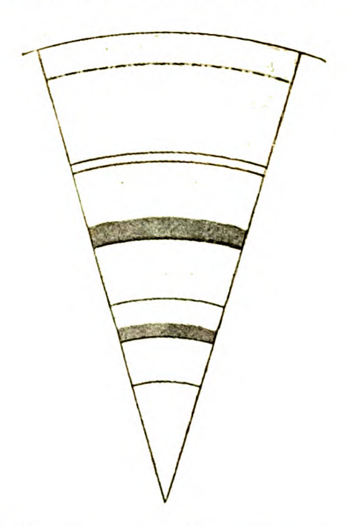


Fig. 16. *Coffea aleocuta*, 12jährig. Querschnitt schematisch. Radius 55 mm. Natürl. Größe.

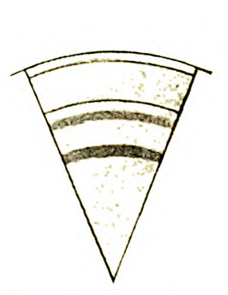


Fig. 17. *Coffea canephora*, 6jährig. Radius 27 mm. Natürl. Größe.

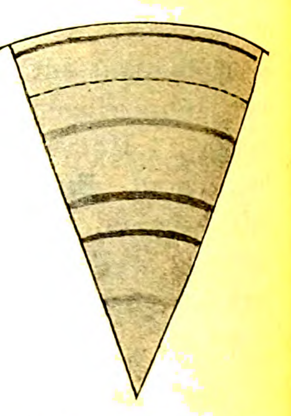


Fig. 18. *Coffea quillou*, 6jährig. Querschnitt schematisch. Radius 44 mm. Natürl. Größe.

6. *Coffea quillou* (6jährig).

Die Elemente sind wieder weitlumiger, die Gefäße sehr lang, Parenchym reichlich vorhanden. Der Durchmesser der Gefäße mißt im allgemeinen 0,047 mm und wechselt zwischen 0,03 und 0,06 mm. Auf dem Tangentialschnitt erscheint das Parenchym in Komplexen die den Markstrahlen ähnlich angeordnet sind, verläuft diesen parallel und läßt sich auf dem Querschnitt oft nicht von jenen unterscheiden.

Schwach hervortretende, dichtere Elemente und ein Parenchymring verursachen die auf dem Schema angedeutete Ringbildung auf dem Querschnitt (44 mm).

7. *Coffea arabica* (8 jährig).

Diese Spezies unterscheidet sich von sämtlichen zuvor untersuchten hauptsächlich durch die Gefäßlumengröße und die Gestalt der Markstrahlzellen. Während bei den andern Arten das Gefäßlumen 0,05 mm kaum einmal überstieg, beträgt es hier durchschnittlich 0,057 mm und variiert zwischen 0,028 und 0,070 mm. Der Radial- und ebenso der Querschnitt zeigten die von MICHAEL und MÖLLER beschriebenen Formen der Markstrahlzellen. MICHAEL sagt: „Die zuweilen mit großen Kristallen erfüllten Elemente erscheinen auf Radialschnitten öfters quadratisch, seltener radial horizontal, zumeist aber axial getreckt."

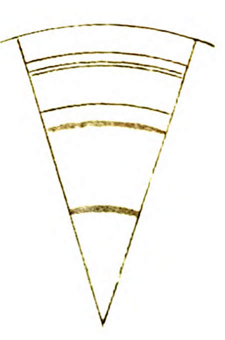


Fig. 19. *Coffea arabica*, 8 jährig. Radius 35 mm. Natürl. Größe.

Die mittleren Schichten der Markstrahlkomplexe bestehen wohl noch aus radial gestreckten Zellformen; diese gehen jedoch bald in kubische und axial gestreckte über, welche schließlich weit in der Mehrzahl sind; dies ist der Hauptunterschied zwischen *arabica* und den andern Spezies. Das Parenchym verläuft fast ausschließlich in den Markstrahlen parallelen Reihen; wohl kommt es auch einzeln im Libriform zerstreut vor, doch weit seltener und nicht zu Komplexen vereint. MICHAEL sagt darüber: „Die dünnwandigen, mehrteiligen Holzparenchymfasern lagern einzeln oder in tangentialen Reihen, öfters an Gefäßen vorübergehend, die Markstrahlen verbindend."



Fig. 20. *Coffea arabica (maragogyp)*, 8 jährig. Tangentialschnitt, Mikrophotographie.

Wie der Sektor zeigt, verlaufen auf dem Querschnitt 7 Ringe; bei zwei solchen ist eine Änderung des Gefäßlumens zu beobachten,

was MICHAEL zu der bereits angeführten Bemerkung bezüglich Frühholz und Jahresringszeichnung veranlaßt. Diese Änderung läßt sich bei dem 8jährigen Holze nur zweimal feststellen, kann also mit dem Alter in keinem Zusammenhang stehen.

8. *Coffea arabica (maragogyp)*, 8jährig.

Im allgemeinen zeigt dieses Holz viel Ähnlichkeit mit dem vorhergehenden, die einzelnen Elemente sind indes noch weitlumiger, vor allem die Markstrahlzellen und das Parenchym; beide können, wie die beiden Mikrophotographien von Quer- und Tangentialschnitt zeigen, kaum auseinandergehalten werden, besonders auch deshalb, weil das Parenchym fast ausschließlich in den Markstrahlen parallelen Reihen verläuft. Wie auf dem Tangentialschnitt ersichtlich ist, wechseln die Markstrahlzellen ihre Formen sehr unvermittelt; häufig sind 2 oder 3 Zellen durch eine einzige entsprechend größere ersetzt.

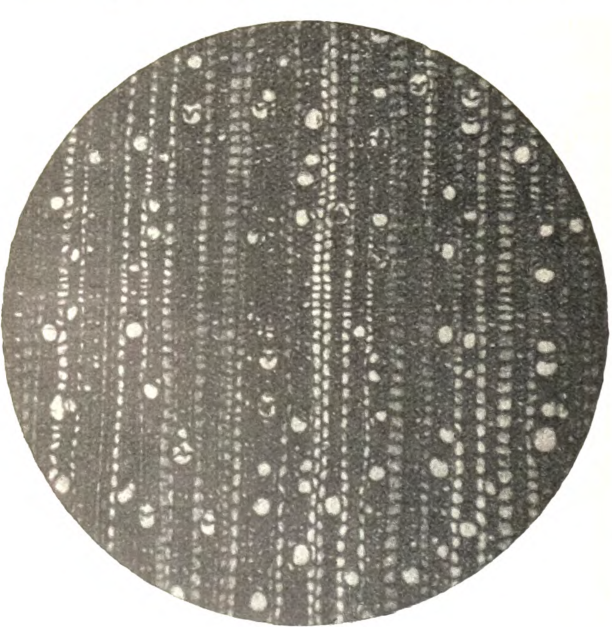


Fig. 21. *Coffea arabica (maragogyp)*, 8jährig. Querschnitt, Mikrophotographie.

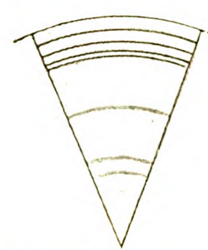


Fig. 22. *Coffea arabica (maragogyp)*, 8jährig. Querschnitt schematisch. Radius 27 mm. Natürl. Größe.

Von den 7 Ringschichten sind die 4 äußeren, von denen zwei auf der Photographie vom Querschnitt zu sehen sind, und die aus Engholz bestehen, einigermaßen deutlich; eine kleine Lumenabnahme der Gefäße in ihnen läßt sich feststellen. Die übrigen, dem bloßen Auge durch Farbenunterschiede auffallenden Ringe, heben sich bei der Untersuchung kaum ab.

9. *Coffea excelsa* (5jährig).

Das Markstrahlzellumen wechselt beträchtlich, so daß dieses Holz bezüglich der kleinen Zellen mit *stenophylla*, *liberica* und *canephora* bezüglich der großen mit den beiden *arabica* Ähnlichkeit hat. Die bis 35 Schichten hohen Komplexe bestehen aus in der Mitte (ca. 12 Schichten) radial gestreckten Zellen, die dann auch in kubische und stehende Formen übergehen.

Parenchym ist zahlreich vertreten und findet sich in den Markstrahlen parallelen Streifen und im Libriform verteilt; selten tritt es in eigenen Komplexen auf.

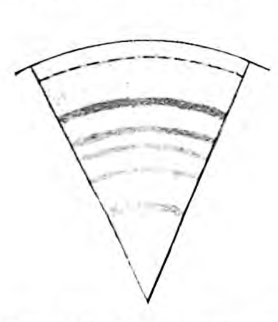


Fig. 23. *Coffea excelsa*, 5jährig. Radius 31 mm. Natürliche Größe.

Auf dem 31 mm messenden Radius treten 6 Ringschichten auf, die für das bloße Auge durch die Farbunterschiede viel deutlicher sind, als sie sich im Mikroskop beobachten lassen. Ganz schwache Dichtigkeitsunterschiede der Elemente bewirken die 5 innern Schichten, die äußerste ist ein Parenchymring.

Die Untersuchung der beschriebenen Hölzer von *Coffea* führt zu dem Ergebnis, daß das Alter aus dem Bau ebensowenig wie bei *Erythroxylon* zu erkennen ist; es lassen sich keine Jahre und keine regelmäßigen Perioden beobachten; die angeführten Wechsel im Auftreten und der Anordnung der einzelnen Elemente sind keine einheitlichen und wiederholen sich nicht regelmäßig; die beschriebenen Zonen sind auf kleine Schwankungen der äußeren Bedingungen zurückzuführen.

Thea assamica, 14jährig (Fam. *Ternströmiaceae*).

Bei dem exzentrischen Holz treten auf dem größten (42 mm) Radius 5 makroskopisch als breitere Schichten und 13 schmale mehr oder weniger gut, teils nur mit Hilfe der Lupe zu erkennende Streifen auf, die über den kleinsten Radius, wenn auch nicht ganz deutlich, zu verfolgen sind.

Mikroskopisch sind, wie das Schema andeutet, 14 schmale scharfe Ringe aus radial verkürzten, verdickten Holzfasern, also typischem Engholz, zu beobachten; drei solche zeigt die Mikrophotographie vom Querschnitt. Diese Ringe bestehen aus nur

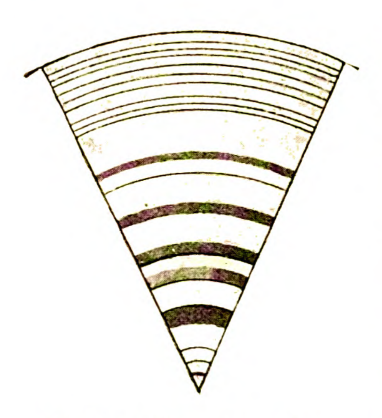


Fig. 24. *Thea assamica*, 14 jährig. Querschnitt schematisch. Radius 42 mm. Natürl. Größe.

4 bis 5 Reihen solcher radial gedrückter Zellformen und heben sich, ganz selten von Gefäßen durchbrochen, schärfer als bei den vorher beschriebenen Hölzern von der Grundmasse ab. Außer in diesen schmalen Ringen finden sich überdies solche Zellformen auch in kleineren Komplexen.

Die Zahl der erwähnten schmalen Schichten stimmt hier mit dem Alter des Holzes überein, legt also den Gedanken an Jahresringe eher nahe als bei *Erythroxylon* und *Coffea;* würde es sich wirklich um solche handeln, so wäre der Bau derselben von dem unserer einheimischen Hölzer durch die Einförmigkeit verschieden; es ist weder eine Ab- oder Zunahme des Gefäßlumens in diesen Zonen selbst oder in deren Umgebung zu beobachten, noch findet sich weitlumiges Libriform oder Parenchym vor.



Fig. 25. *Thea assamica*, 14 jährig. Querschnitt makroskopisch.

Wie das Schema weiter zeigt, durchziehen außer den 14 schmalen noch 6 breitere Ringe das Holz; die Struktur der letzteren hat viel Ähnlichkeit mit denen bei *Coffea* bereits beschriebenen und auf dem Schema ähnlich angegebenen; die Farbunterschiede sind auf mehr oder weniger verdickte Holzfasern zurückzuführen.

Meiner Ansicht nach sind auch hier die schmalen Ringe

keine Jahresringe, vielmehr Zonen, die von kleineren Schwankungen im Klima oder Boden, hervorgerufen worden sind. Daß die Zahl mit dem Alter übereinstimmt, wäre demnach hier als Zufall anzusehen.

Theobroma Cacao, 6jährig (Fam. *Sterculiaceae*).

(Aus dem Versuchsgarten Tjikemoe.)

Das Holz besteht aus denselben Elementen wie die vorhergehenden; einen wesentlichen Unterschied von jenen bedingt einerseits die Größe der Gefäße, andererseits die Anordnung der einzelnen Elemente.

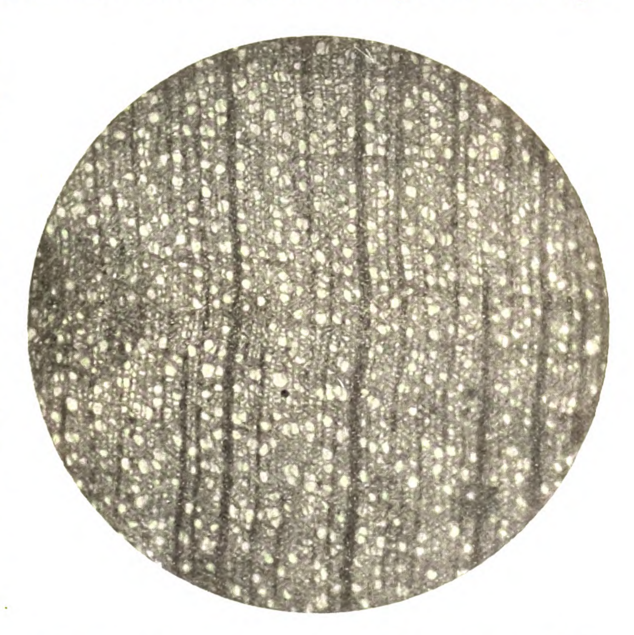


Fig. 26. *Thea assamica*, 14jährig. Querschnitt, Mikrophotographie.

Schon dem bloßen Auge erscheint das leichte, weiche Holz sehr porös und läßt zahlreiche große Gefäße vermuten, was die Beobachtung mit der Lupe, vor allem mit dem Mikroskop bestätigt. Während bei *Erythroxylon*, *Coffea* und *Thea* das Gefäßlumen 0,07 mm nie überschritt, erreicht es bei *Theobroma* ein Maximum von 0,15 mm bei einem Durchschnittslumen von 0,10 und variiert zwischen 0,025 und 0,15 mm.

Wie auf der Photographie vom Querschnitt ersichtlich, ist das dünnwandige Holzparenchym so zahlreich, daß es die Grundmasse bildet und mehr noch als die größeren Gefäße das poröse Aussehen des Holzes verursacht. Verhältnismäßig sehr wenig treten echte Holzfasern auf, die regellos und meist vereinzelt, nur selten in kleineren Bündeln in das Parenchym zerstreut sind.

Für das bloße Auge sehr deutlich sind außerordentlich zahlreiche Markstrahlen. Sie durchziehen in 3 bis 10 Reihen breiten, im allgemeinen sehr (oft über 100 Schichten) hohen Komplexen

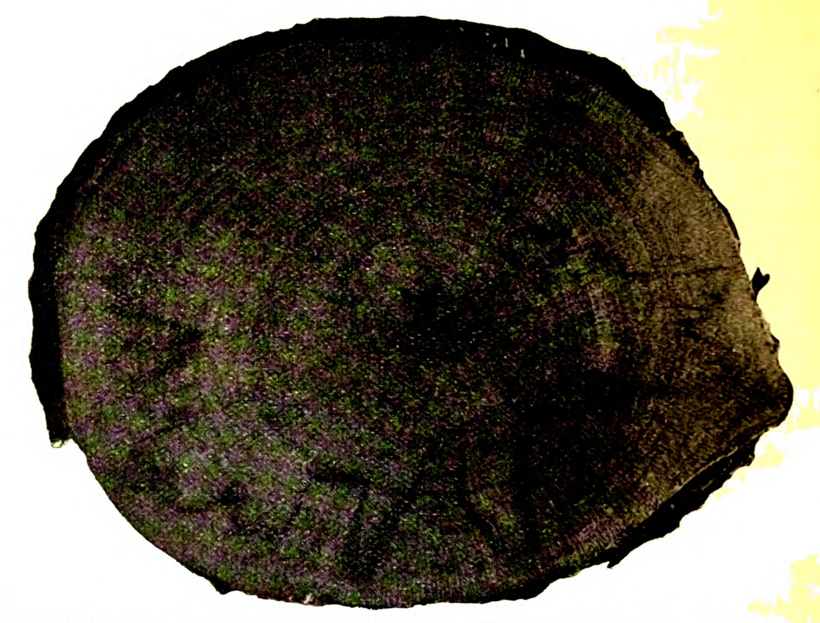


Fig. 27. *Theobroma Cacao*, 6jährig. Querschnitt makroskopisch.

das Holz. Die Zellen sind radial lang gestreckt (0,078 mm lang, 0,015 mm breit). Die bei *Coffea* erwähnten Übergänge der Zellformen fehlen hier, vor allem sind die Markstrahlzellen nicht mit Parenchym zu verwechseln.

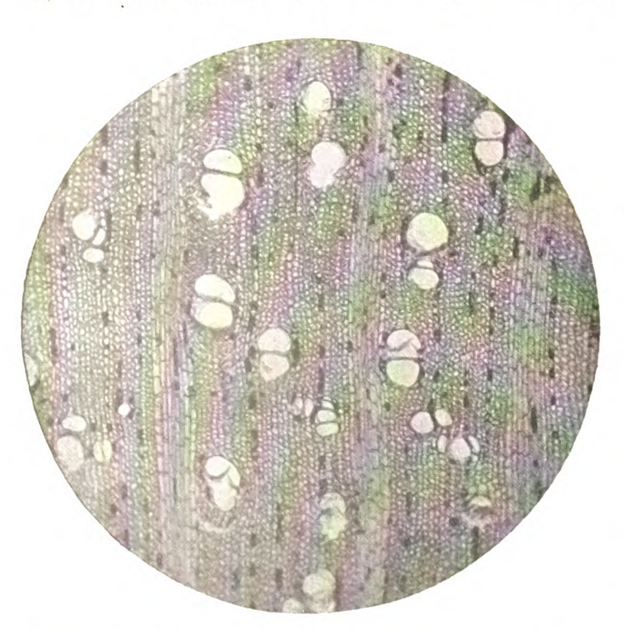


Fig. 28. *Theobroma Cacao*, 6jährig. Querschnitt, Mikrophotographie.

Auf dem Querschnitt des 6jährigen Materials sind 21 geschlossene Ringe teils mehr, teils weniger deutlich zu sehen. Wie auf der Mikrophotographie, durch die zwei solche ziehen, ersichtlich, sind sie weniger scharf abgegrenzt als es dem bloßen Auge erscheint; sämtliche 21 Schichten bestehen aus dickerwandigem, engerlumigem Parenchym, das sich, außer in Ringform auch in kleineren Komplexen vorfindet.

Breitere, geschlossene Schichtungen fehlen bei dem untersuchten *Theobroma* gänzlich, ebenso solche aus Engholz und überhaupt aus Holzfasern gebildete.

Eine geringe Lumenabnahme der Gefäße ist in zwei Ringen aber nicht während deren ganzem Verlauf zu beobachten.

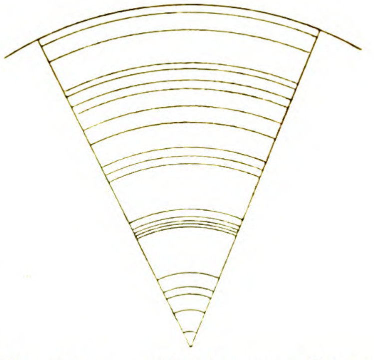


Fig. 29. *Theobroma Cacao*, 6jährig. Querschnitt schematisch. Radius 41 mm. Natürl. Größe.

Strophantus dichotomus, 19jährig (Fam. *Apocynaceae*).
(Aus dem Versuchsgarten Tjikemoe.)

Die äußerst dünnwandigen und verhältnismäßig englumigen Holzfasern des hellen, weichen Holzes unterscheiden sich von denen der vorher untersuchten durch deutliche Hoftüpfelung.

Das reichlich vorhandene Parenchym verläuft in radialen, einreihigen, den Markstrahlen parallelen und viel häufiger als diese auftretenden Streifen, die auf dem Querschnitt undeutlich von den Holzfasern und den Markstrahlzellen zu unterscheiden sind. Auf dem Tangentialschnitt zeigt es ähnliche Anordnung wie die Markstrahlen. Letztere durchsetzen in einer oder zwei Reihen breiten, 8 bis 10 Schichten hohen Komplexen das Holz.



Fig. 30. *Strophantus dichotomus*. Tangentialschnitt, Mikrophotographie.

Die zahlreichen Gefäße erreichen eine solche Lumengröße (Durchmesser bis 0,275 mm), wie sie bei den vorhergehenden Hölzern nicht beobachtet wurde.

Mit bloßem Auge sind auf dem 30 mm messenden Radius 11 scharfe, durch den ganzen Querschnitt zu verfolgende Ringe zu beobachten, in den Entfernungen, wie das Schema andeutet. Diese sind sämtliche auch im Mikroskop als solche wieder zu erkennen. Zunächst sind sie durch zwei bis drei Reihen radial verkürzter, etwas verdickter Holzfasern, also typischem Engholz hervorgerufen. Ein wesentlicher Unterschied gegenüber den Ringschichten bei den vorher beschriebenen Hölzern ist in dem beträchtlichen Lumenwechsel der Gefäße zu sehen. Gegen die Ringe nimmt das Lumen allmählich bis zu 0,064 mm ab, und Gefäße, die in den schmalen Schichten selbst auftreten, reduzieren ihren Durchmesser bis zu 0,015 mm; nach diesen Ringen finden sich unvermittelt Gefäße mit 0,275 mm messenden Lumen.

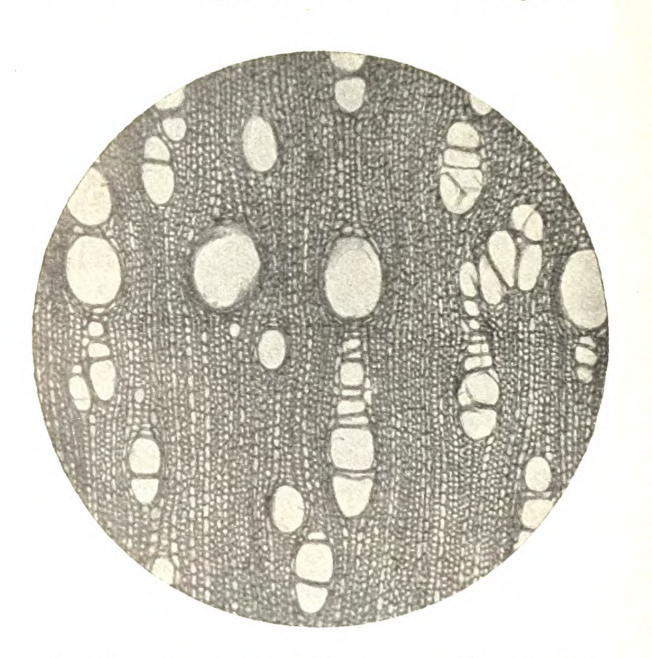


Fig. 31. *Strophantus dichotomus.* Querschnitt, Mikrophotographie.

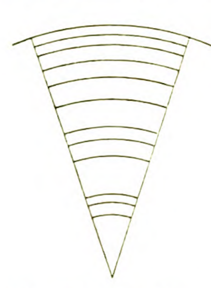


Fig. 32. *Strophantus dichotomus*, 19 jährig. Querschnitt schematisch. Radius 30 mm. Natürliche Größe.

Diese Abnahme der Gefäßlumina, die regelmäßig an und in den aus Engholz gebildeten Ringen zu beobachten ist, gibt diesen besonders viel Ähnlichkeit mit Spätholz. Die rapide Zunahme der Gefäßlumina ließe auf Weitholz (das dem Frühholz unserer einheimischen Bäume entspricht) schließen, sodaß dem Bau nach bei *Strophantus* Jahresringe mit mehr Berechtigung als bei den andern untersuchten Tropenhölzern zu vermuten wären.

Die Zahl der Ringe und das Alter zeigen indes eine so große Differenz, daß es sich auch hier nicht um Jahresringe handeln kann,

vielmehr sind diese Ringe auf dieselben Ursachen zurückzuführen, die die Schichtungen bei den andern Hölzern bewirken.

Kickxia elastica, 5 ½jährig (Fam. *Apocynaceae*).
(Aus dem Versuchsgarten Tjikemoe.)

Wie bei *Strophantus* sind die dünnwandigen Holzfasern deutlich hofgetüpfelt; sie treten am zahlreichsten auf, bilden also auch hier das Grundelement.

Das Stärke führende Parenchym ist in allen Anordnungen vorhanden: in den Markstrahlen parallelen Streifen, die jedoch nicht durch den ganzen Schnitt gehen, in kleineren Komplexen und am häufigsten zwischen die anderen Elemente zerstreut.

Besonders auffallend sind eigenartige Zellen, die sich an Parenchymzellen anschließen und den Anschein erwecken, als hätten sich gewisse Parenchymzellen in zwei, drei oder vier kleinere verdickte kubische Zellen geteilt.

Abgesehen von dem Größenunterschied und der verdickten Zellwand unterscheiden sich diese Zellen von jenen dadurch, daß jede einen Kristall führt, wie auf der Zeichnung von einem kleinen Teil des Radialschnittes zu sehen ist. Auf dem Tangentialschnitt treten diese Zellen in bis 15 Zellen hohen einreihigen, den Markstrahlkomplexen häufig sich anschließenden und auch ihnen parallelen Streifen auf.

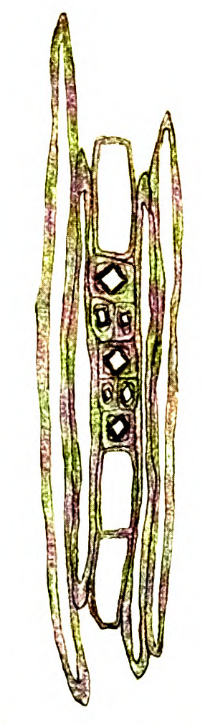


Fig. 33. *Kickxia elastica*, $5^1/_2$ jährig. Kristallzellen.

Diese scharf hervortretenden Kristallzellen wurden bei den andern Hölzern, vor allem auch bei dem der *Kickxia* verwandten *Strophantus* nicht beobachtet.

Die durchschnittlich radial gestreckten, axial sehr niederen Markstrahlzellen durchsetzen in ein bis dreireihigen bis 15 Schichten hohen Komplexen das Holz; sehr häufig verlieren sie sich auch im Schnitt; wie das Holzparenchym führen auch sie reichlich Stärke.

Ein wesentlicher Unterschied von *Strophantus* ist ferner im Auftreten und der Lumengröße der Gefäße zu erkennen. Die

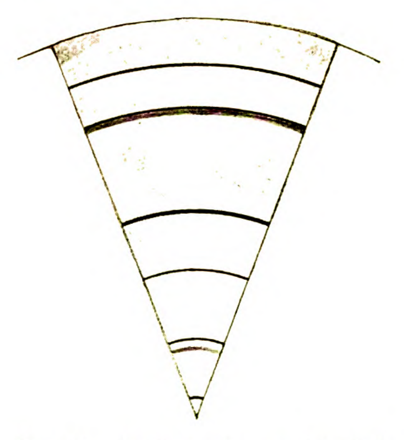


Fig. 34. *Kickxia elastica*, $5^1/_2$jährig. Querschnitt schematisch. Radius $46^1/_2$mm. Natürl. Größe.

runden und elliptischen Lumina haben einen Durchmesser von im allgemeinen 0,06 mm und variieren zwischen 0,01 und 0,04 mm, sind also bedeutend geringer als bei *Strophantus*, außerdem sind die Gefäße nicht so zahlreich wie dort.

Das untersuchte Holz zeigt dem bloßen Auge ganz undeutliche, verschwommene Ringschichten, die bei der mikroskopischen Untersuchung die schematisch angedeuteten Unterschiede ergeben. Auf dem größten Radius von 46 ½ mm verlaufen 7 Schichten. Wie auf dem Sektor ersichtlich, handelt es sich um 6 Ringe von Engholz (radial verkürzten Holzfasern, siehe Photographie), und zwei solchen von Weitholz (dünnerwandige, weiterlumige Holzfasern). Neben diesen Ringen sind noch Partien zu bemerken, bei denen die Holzfasern dickerwandig sind, ohne ihre Form zu ändern; es sind dies Komplexe, die nicht scharf und auch nicht in bestimmter Regel und Anordnung hervortreten.

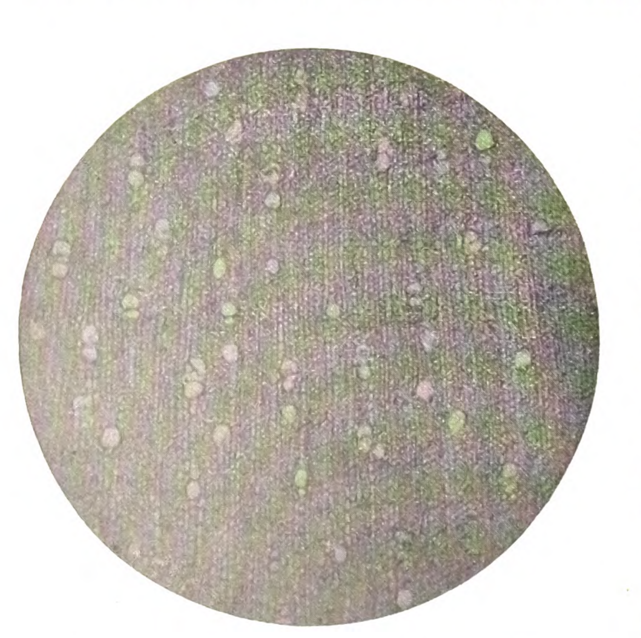


Fig. 35. *Kickxia elastica*, $5^1/_2$jährig. Querschnitt, Mikrophotographie.

Gegenüber *Strophantus* ist besonders zu betonen, daß bei *Kickxia* in dem Engholz keine Gefäßlumenabnahme und im Weitholz keine Zunahme festzustellen ist. Das Weitholz ist deutlicher, schließt sich aber nur einmal ans Engholz an. Die Zahl der Engholzringe stimmt hier mit dem Alter (den Jahren) annähernd

überein, was jedoch ein Zufall sein dürfte, so daß auch hier von Jahresringen keine Rede sein kann.

Palaquium oblongifolium, 10jährig (Fam. *Diospyrinae*).

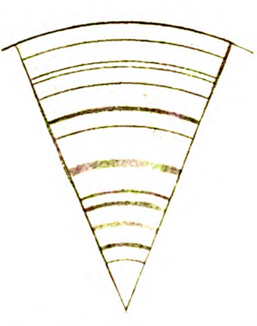


Fig. 36. *Palaquium oblongifolium*, 10jährig. Querschnitt schematisch. Radius 34 mm. Natürl. Größe.

Die Grundmasse des Holzes bilden echte Holzfasern; diese sind so dünnwandig und weitlumig, daß selbst im Mikroskop eine Verwechslung mit Parenchym sehr leicht möglich ist, und man zunächst Parenchym für das Grundelement halten könnte, wie es bei *Theobroma* der Fall ist. Genaueren Aufschluß über die Elemente ergibt die Mazeration und die Färbung mit Jod. Durch letztere ist das stärkereiche Parenchym von dem Sklerenchym deutlich zu unterscheiden.

Das Parenchym kommt nicht wie bei den andern Hölzern in der Grundmasse zerstreut vor, sondern es durchsetzt das Holz ausschließlich in ein bis drei Zellreihen breiten gewellten Ringen.

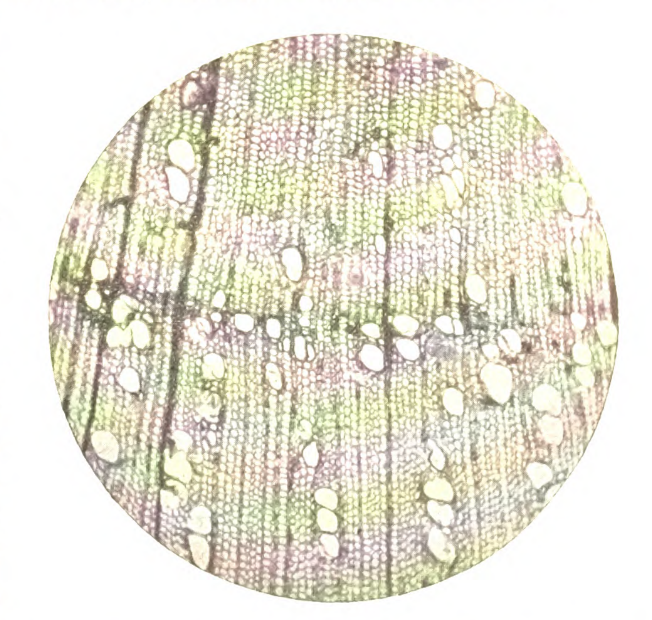


Fig. 37. *Palaquium oblongifolium*, 10jährig. Querschnitt, Mikrophotographie.

Die Markstrahlen verlaufen meist ein-, seltener zweireihig; die Zellen sind radial gestreckt, ihre Lumina sehr klein. Wie das Parenchym führen auch sie reichlich Stärke; tangential bilden sie bis 18 Zellen hohe Komplexe. Die Gefäße sind sehr dünnwandig bei einem Durchmesser von im allgemeinen 0,09 mm.

Was die Ringbildung anbelangt, so sind hier wie bei dem folgenden *P. borneense* und wie auf dessen Querschnitt ersichtlich, etwas deutlichere geschlossene Ringe zu verfolgen, die bei der genauen Untersuchung das schematisch

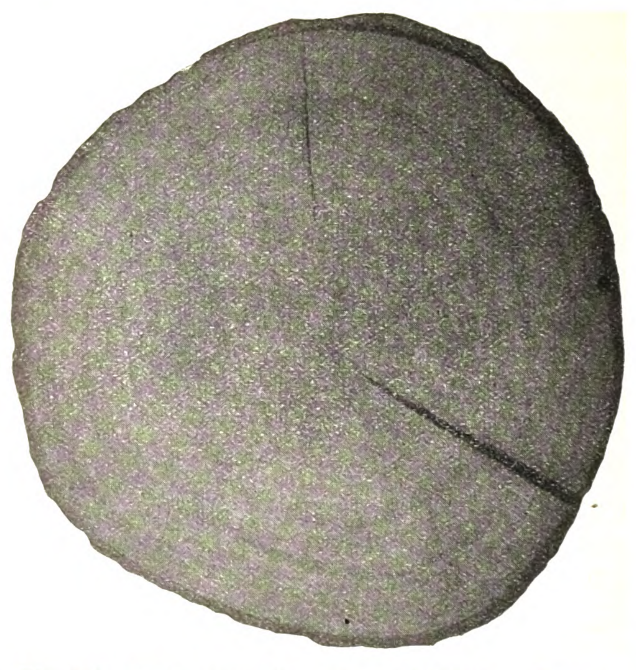


Fig. 38. *Palaquium borneense*, 5 jährig. Querschnitt makroskopisch.

dargestellte Bild ergeben.

Es treten also 6 Ringe auf aus Engholz (siehe Mikrophotographie) und 6 breitere Schichten, in denen die Holzfasern wenig verdickt sind ohne radiale Verkürzung; diese Schichten sind sehr undeutlich und heben sich weitaus nicht so deutlich ab wie erstere. Ein Unterschied im Gefäßlumen ist in beiden Gebilden nicht zu beobachten.

Palaquium borneense, 5 jährig.

(Aus dem Versuchsgarten Tjikemoe.)

Makroskopisch ist kein Unterschied von *P. oblongifolium* festzustellen. Wie indes aus der Mikrophotographie ersichtlich ist, sind die Holzfasern dickerwandig und engerlumig; für Parenchym und Markstrahlen gilt auch hier das bereits Erwähnte. Die Gefäße haben einen Lumendurchmesser von durchschnittlich 0,16 mm, der zwischen 0,10 und 0,22 mm variiert.

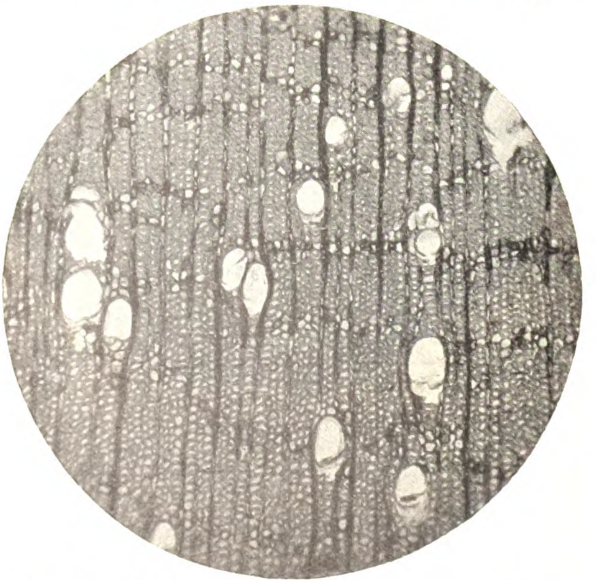


Fig. 39. *Palaquium borneense*, 5 jährig. Querschnitt mikroskopisch.

Auf dem 56 mm messenden Radius treten 14 Ringe hervor und zwar 5

schmale und 9 mehr oder weniger breite. Erstere bestehen aus Engholz, das jedoch nur undeutlich als solches zu beobachten ist, letztere sind mehr Farbunterschiede als Verdickungen der Holzfasern zu nennen.

Palaquium borneense, 6jährig (entblättert).

Das Exemplar wurde in der Versuchsabteilung des botanischen Gartens Buitenzorg von Herrn TROMP DE HAAS Herrn KLEBS zur Verfügung gestellt.

Das am 20. März 1905 auf anderem Boden als das vorhergehende gepflanzte Holz wurde am 26. Oktober 1910 entblättert und trug am 21. Januar 1911 wieder junge Blätter und ganz junge Knospen. Im Laufe des Sommers 1911 wurde der Baum gefällt und nach Heidelberg geschickt. Ein Einfluß dieser Entblätterung auf das Holz ließ sich nicht feststellen.

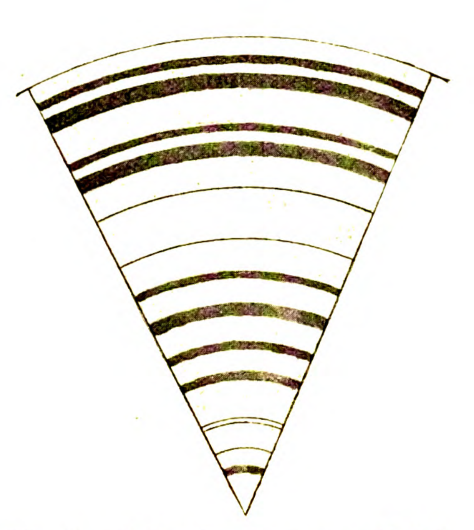


Fig. 40. *Palaquium borneense*, 5jährig. Querschnitt schematisch. Radius 56 mm. Natürl. Größe.

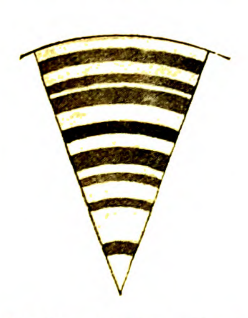


Fig. 41. Radius 30 mm, vom untersten Teil des Stammes. Natürl. Größe.



Fig. 42. Radius 21 mm. 2,70 m über dem Boden. Natürl. Größe.



Fig. 43. Radius 13 mm, 3,60 m über dem Boden. Natürl. Größe.



Fig. 44. Radius 8 mm. Seitenzweig. Natürl. Größe.

Fig. 41—44. *Palaquium borneense*, 6jährig. Querschnitte schematisch.

Die auch hier weitaus am zahlreichsten auftretenden Holzfasern sind noch dickerwandig und engerlumig als bei dem vorhergehenden; auch die Gefäßlumina sind bedeutend kleiner (durchschnittlich 0,083 mm, Wechsel zwischen 0,032 und 0,105 mm).

Das dünnwandige und weitlumige Parenchym durchsetzt auch hier in gewellten Ringen das Holz.

Das 6jährige Holz läßt mit bloßem Auge, wie das Schema zeigt, auf dem untersuchten 30 mm messenden Radius 8 Ringschichten erkennen, die im Mikroskop unterschiedlich breite, kompakte Sklerenchymbänder ergeben; schmale, aus typischem Engholz bestehende Streifen wie bei den vorhergehenden Palaquiumarten finden sich hier nicht. Dieser Radius gehörte dem untersten Teil des Stammes an, entspricht also dem Alter von 6 Jahren. Da mir der ganze Stamm des Baumes zur Verfügung stand, untersuchte ich ihn ferner in den Höhen von 2,70 m, 3,60 m und ferner einen Seitenzweig bei 3,45 m. Abgesehen davon, daß in den jüngeren Partien die Holzfasern dünnwandig und weitlumig sind, lassen sich in den Elementen resp. deren Anordnung keine Unterschiede finden.

Aus den Radien berechnet ergäbe sich für die Stelle in der Höhe von 2,70 m ein Alter von ca. 2½ Jahren, für die bei 3,60 m ca. 1½ und den Seitenzweig ca. ¾ Jahre.

Der äußerste, also der jüngste Teil des bei 2,70 m Höhe untersuchten Radius entspricht natürlich auch dem äußersten des Erzstammes. Wären die beschriebenen Ringe Alterzuwachsringe, so müßte die äußerste Schicht beider Stellen miteinander übereinstimmen; dies ist indes wie auf dem Sektor ersichtlich, nicht der Fall. Auch die übrigen untersuchten Radien, deren Schichtung die betr. Schema zeigen, lassen keine durch den ganzen Stamm verlaufenden Schichten vermuten.

Wie nun die aus den verschiedenen Teilen des Stammes genommenen Radien zeigen, läßt sich auch bei *Palaquium* das Alter des Holzes nicht erkennen. Die dem bloßen Auge auffallenden Ringe sind durch wenig verdickte Libriformfasern hervorgerufen und treten nur lokal auf, bestätigen also noch mehr die Vermutung, daß vorübergehende klimatische Schwankungen, nicht das Alter resp. regelmäßiger Zuwachs, die Ringbildung bei diesen Tropenhölzern verursachen.

Hevea brasiliensis (Fam. *Euphorbiaceae*).

Die Exemplare stammen aus der Kultur- und Versuchsabteilung des botanischen Gartens Buitenzorg.

Untersucht wurden 6 Stämme; sämtliche wurden am 28. Februar 1909 angepflanzt und im Frühjahr 1911 gefällt. Es handelt

sich also um ca. zweijähriges Material. Die Versuche wurden von Herrn KLEBS im Winter 1910/11 ausgeführt.

Dünnwandige, weitlumige Holzfasern bilden die Grundmasse des äußerst weichen Holzes. Das stärkereiche Parenchym durchsetzt es in gewellten, unterschiedlich breiten Ringschichten; daneben findet es sich in mit den Markstrahlen parallelen Streifen und schließlich einzeln zerstreut. Die ebenfalls viel Stärke führenden Markstrahlen verlaufen ein- bis dreireihig. Das Zellumen ist, wie der Tangentialschnitt zeigt, sehr verschieden. In den einzelnen Markstrahlkomplexen variieren ohne allmähliche Übergangsformen ganz englumige (0,012/0,012 mm) Zellen, die in zwei und drei Reihen verlaufen mit einer Reihe weitlumiger (0,075/0,025 mm) Zellen. Auch auf dem Querschnitt läßt sich häufig beobachten, daß ein einreihiger Markstrahl mit großen, d. h. fast kubischen (0,025/0,040 mm) Zellen während seines Verlaufs in drei Reihen



Fig. 45. *Hevea brasiliensis*, *I*, 2jährig. Tangentialschnitt mikroskopisch.

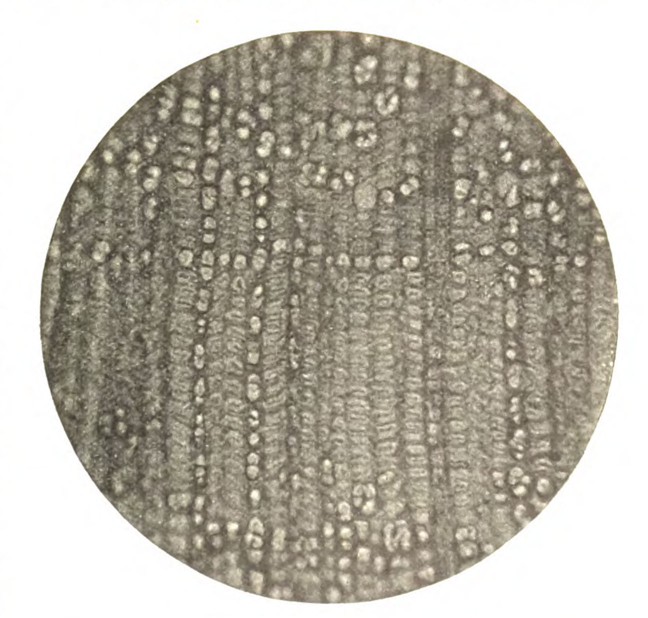


Fig. 46. *Hevea brasiliensis*, *I*. Querschnitt mikroskopisch (Zelluloseschicht).

axial niederer, radial gestreckter (0,012/0,100 mm) Zellen übergeht. Gefäße treten in geringer Anzahl auf; ihr Durchschnittslumen beträgt 0,090 mm und wechselt zwischen 0,040 und 0,150 mm. Radial reihen sich öfter bis 10 Gefäße aneinander, selten sind kleinere Komplexe zu beobachten. Im Durchschnitt kommen auf den Quadratmillimeter nur fünf Gefäße.

Die Holzfasern sind, wie bereits erwähnt, im allgemeinen dünnwandig und weitlumig. Wie die Einzelbeschreibung zeigen wird, kommen auch verdickte, radial verkürzte, also Engholz vor, und schließlich solche mit einem Wandbelag, der Zellulosereaktion ergibt (siehe Mikrophotographie). MÖLLER erwähnt letzteren als allgemein den *Euphorbiaceen* zukommend.

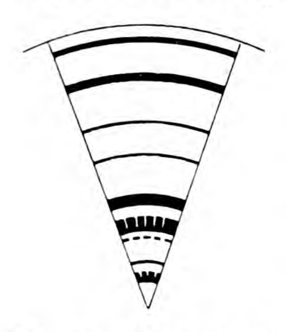


Fig. 47. *Hevea brasiliensis* I, normal, d. h. ohne Störung gewachsen. Querschnitt schematisch. Radius 17 mm am unteren Teil des Stammes. ▮▮▮▮▮ = Zelluloseschicht.

I. *Hevea* normal, d. h. ohne Störung gewachsen.

Der Stamm wurde am Grunde sowie 85 cm von diesem entfernt untersucht. Makroskopisch erscheint das Holz ohne Schichtung; bei scharfer Beobachtung sind nur ganz schwach schmale Streifen zu erkennen. Mikroskopisch ergeben sich, wie der schematische Sektor zeigt, auf dem 17 mm messenden Radius 6 Ringschichten, die meist durch Engholz hervorgerufen sind sowie drei solche, in denen die Holzfasern den oben erwähnten Zellulosebelag führen; an zwei davon schließen sich schmale Streifen von inhaltlosem Engholz an, eine besteht aus verdickten Holzfasern mit Zellulose. Bei diesen Schichtungen ist keine Lumenab- oder -zunahme der Gefäße zu beobachten.

Wie auf dem Schema sofort zu erkennen ist, ergibt der obere Radius ein ganz anderes Bild, als der des unteren Teils des Stammes. Zunächst sind die zellulosefiihrenden Holzfasern viel zahlreicher; am auffallendsten ist aber, daß die unteren Schichtungen mit den oberen nicht identisch auftreten. Würden die zellulosehaltenden Zellgruppen gleichmäßig durch den ganzen Stamm führen, so müßte der gleichalte, also der äußerste



Fig. 48. *Hevea brasiliensis* I. Querschnitt schematisch. Radius 9 mm, vom obersten Teil des Stammes. $1\,^1/_2$ fach vergrößert.

(jüngste) Teil des Radius die gleiche Schichtung aufweisen, was nicht der Fall ist. Die zellulosehaltigen Holzfasern treten also als lokale Ringgebilde, ferner in kleineren und größeren Komplexen und schließlich vereinzelt auf.

II. und III. *Hevea* entblättert.

Die beiden Stämme wurden wie die andern am 28. Februar 1909 gepflanzt; an ihnen wurden je drei Entblätterungen von Herrn Klebs ausgeführt und zwar zu folgenden Zeiten:

bei II. am 26. November 1910 bei III. am 26. November 1910,
12. Januar 1911, 26. Dezember 1911,
15. Februar 1911, 15. Februar 1911.

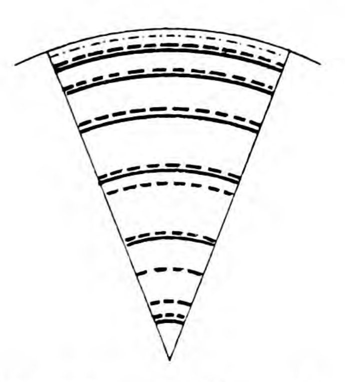


Fig. 49. *Hevea brasiliensis* Nr. III (entblättert), vom unteren Teil des Stammes. $1^1/_2$fach vergrößert.

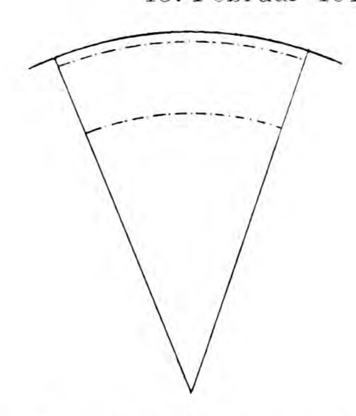


Fig. 51. *Hevea brasiliensis* Nr. II (entblättert), vom unteren Teil des Stammes. $1^1/_2$fach vergrößert.

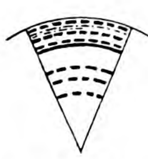


Fig. 50. *Hevea brasiliensis* Nr. III (entblättert), vom oberen Teil des Stammes. $1^1/_2$fach vergrößert.

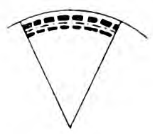


Fig. 52. *Hevea brasiliensis* Nr. II (entblättert), vom oberen Teil des Stammes. $1^1/_2$fach vergrößert.

Die beiden Bäume weisen betr. ihrer Schichtung ganz wesentliche Unterschiede auf. Bei III ist die Schichtung bereits mit bloßem Auge zu erkennen, und zwar erscheinen die zellulosehaltigen Zellen heller und die aus Engholz bestehenden dunkler.

Wie auf dem Schema zu sehen ist, treten in III (Fig. 49) sechs zellulosefführende Ringe auf, an die sich Engholz ohne Zellulose

anschließt; ferner zwei isolierte Zelluloseschichten, während in II (Fig. 51) weder Engholz noch zellulosehaltige Ringe zu finden sind. Am äußersten Teil zeigt sich indes (im Schema durch strichpunktierte Linien angedeutet) bei beiden eine schmale Ringschicht, die durch engerlumige, etwas verzerrte, radial verkürzte, dünnerwandige Holzfasern bewirkt sind. Bei III ist dieser Streifen auf dem Schnitt nicht mehr zu beobachten, dagegen bei II noch einmal weiter innen.

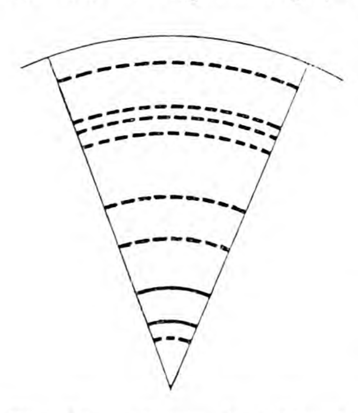


Fig. 53. *Hevea brasiliensis* Nr. IV (geschnitten), vom unteren Teil des Stammes. $1^1/_2$fach vergrößert.

Die Vermutung liegt hier nahe, daß die letzterwähnten Ringe eine Folge der Entblätterung sind. Wie auf dem Schema der oberen Partien sich zeigt, kommen diese Ringschichten nicht, wie die zellulosehaltigen Holzfasern nur lokal vor, sondern durchziehen den ganzen Stamm, sind also auch im jüngsten Holz wieder zu finden. Bei III ist ein durchlaufender Ring und ein zweiter, der sich im Schnitt verliert, zu beobachten; bei II ein einziger, mitten zwischen einer Zelluloseschicht verlaufend.

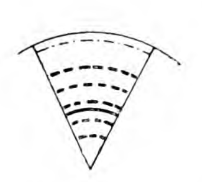


Fig. 54. *Hevea brasiliensis* Nr. IV (geschnitten), vom oberen Teil des Stammes. $1^1/_2$fach vergrößert.

Was bei dem Normalholz bereits betont wurde, bestätigt sich auch hier, daß die zelluloseführenden Holzfasern nur lokal auftreten und zwar, wie dort, in Ringen, größeren und kleineren Komplexen und vereinzelt.

IV. *Hevea* geschnitzt (die Rinde kreuz und quer geschnitten).

Das Holz wurde zweimal mit dem Messer an verschiedenen Stellen angeschnitten und zwar am 26. November 1910 und am 26. Dezember 1910. Am untersten Teil ist kein Einfluß festzustellen.

Der obere Schnitt zeigt dicht unter der Rinde einen Ring von ähnlichen Holzfasernformen, wie bei dem entblätterten Holz; die Zellen sind also radial verkürzt, doch etwas dickerwandig als die dort beschriebenen. Es wäre also möglich, daß das Schnitzen auf das junge Holz einen ähnlichen Einfluß ausgeübt hat, wie evtl. die Entblätterung auf den ganzen Stamm. Diese Art von Holz-

fasern findet sich außer bei dem geschnitzten und entblätterten Holz bei keiner andern von mir untersuchten *Hevea* mehr. Über die Ringbildung, die auf den beiden Schema ersichtlich, ist hier nichts Besonderes zu berichten.

V. und VI. *Hevea* geringelt (am untern Teil des Stammes ringsum die Rinde entfernt).

Die Makrophotographien zeigen die beiden geringelten (das erste am 29. November, das zweite am 8. Dezember 1910) Hölzer und den äußerlich auffallenden Einfluß der Ringelung unter- und oberhalb derselben. Unterhalb ist das Aufhören des Zuwachses infolge des Nahrungsmangels zu erkennen, während oberhalb eine wulstartige Verdickung des Holzes die Folge ist.

Mikroskopisch untersucht, zeigt sich bei dem Holz V. unterhalb der Ringelung kein Einfluß derselben; wie auf dem Schema ersichtlich, durchsetzen 9 Ringe das Holz und zwar 8 aus reinem Engholz und einer aus zellulosehaltigen Holzfasern.

Oberhalb der Ringelung fällt im Mikroskop gleich unter der Rinde eine ausnahmsweise breite zellulosehaltige Schicht auf, nach dieser 10 mäßig breite Ringe, und zwar 5 mit Zellulose und 5 ohne solche (siehe Schema). Die inneren Schichten, die unterhalb und oberhalb zu erkennen sind, führen einigemal oben Zellulose, während sie unten fehlt. Eine Folge der Ringelung ist dies aber nicht, wie das nächste geringelte Holz zeigt.



Fig. 55. Fig. 56.
Hevea brasiliensis (geringelt).

Bei ihm ist eine größere Stelle geringelt. An einigen Stellen, wo das Kambium nicht ganz vernichtet war, bildeten sich (auch auf der Photographie zu erkennen) Wülste, die bei der Untersuchung typisches Wundholz ergeben. Während auch hier unter-

halb der Ringelung kein Einfluß derselben festzustellen ist, unterscheidet sich der Schnitt oberhalb von dem des vorhergehenden Holzes wesentlich. Zunächst fällt das Fehlen der Zellulose bis auf einen ganz schmalen Ring (5 mm vom Mark entfernt) auf und ferner größtenteils ungeschichtetes, vollkommen gleichmäßig gewachsenes Holz. Nur im inneren Teil des Radius finden sich 8 Schichten aus Engholz.

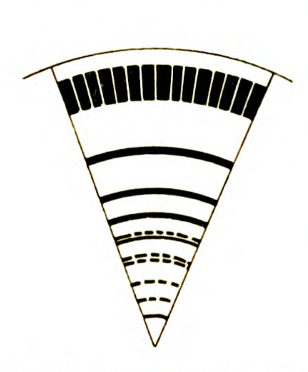


Fig. 57. *Hevea brasiliensis* Nr. V. Schematischer Querschnitt oberhalb der Ringelung. Radius 18 mm. $1^1/_2$fach vergr.

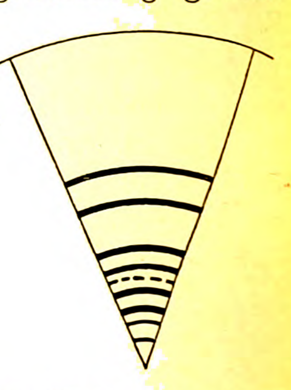


Fig. 59. *Hevea brasiliensis* Nr. VI. Schematischer Querschnitt oberhalb der Ringelung. Radius 20 mm. $1^1/_2$fach vergr.

Die Ringelung äußert sich also bei beiden Exemplaren lediglich darin, daß das Holz oberhalb derselben wesentlich verdickt ist. Die Zelluloseschichten und deren Veränderungen sind nicht darauf zurückzuführen.

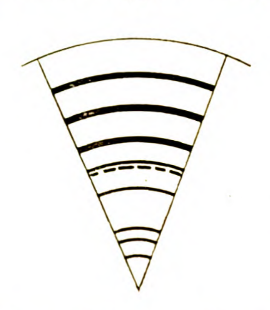


Fig. 58. *Hevea brasiliensis* Nr. V. Schematischer Querschnitt unterhalb der Ringelung. Radius 15 mm. $1^1/_2$fach vergr.



Fig. 60. *Hevea brasiliensis* Nr. VI. Schematischer Querschnitt unterhalb der Ringelung. Radius 15 mm. $1^1/_2$fach vergr.

Die Untersuchung der verschiedenen *Hevea*-Stämme ergibt also wie die der anderen von mir behandelten Tropenhölzern, daß Jahresringe sowie bestimmte periodische Zuwachszonen auch hier nicht auftreten. Simon, der an einer größeren Anzahl von *Hevea*-Exemplaren holzanatomische Studien machte, fand, daß in jüngeren Zweigen häufig eine, der Anzahl der Triebabsätze des betr. Astes entsprechende Zahl von mehr oder minder scharf begrenzten Zuwachszonen nachzuweisen sind, was jedoch bei älteren Aststücken meist nicht möglich ist. Zum Schluß sagt er: „Man kann deshalb von einem Vorhandensein regelmäßiger Zuwachszonen bei

Hevea nicht sprechen.“ Wie im Lauf der Schilderung schon erwähnt, korrespondieren die Gefäßlumina nicht mit den verdickten Schichten, ebensowenig lassen die zellulosefuhrenden Holzfasern irgend eine Periodizität erkennen. In allen Stämmen kommen sie in jeder Anordnung vor, und die in bestimmten Teilen der Stämme beobachteten Zellulosekomplexe durchziehen nicht die ganzen Stämme, sondern treten nur lokal auf.

Allgemeines.

Im Verlauf der Beschreibung der einzelnen Holzarten wurde öfters betont, daß von Jahresringen, wie sie bei unsern einheimischen Bäumen vorkommen, bei den von mir beobachteten Tropenbäumen nicht die Rede sein kann.

Die Jahresringe unserer Bäume, die schon mit bloßem Auge scharf zu erkennen und zu zählen sind, bestehen aus regelmäßig wiederkehrenden Zonen.

Das Weitholz (Frühholz) ist gebildet aus zahlreich auftretendem Parenchym, weitlumigen Gefäßen und dünnwandigen Holzfasern.

Das Engholz (Spätholz) aus verdickten, radial verkürzten Holzfasern und englumigen Gefäßen; die Anzahl der letzteren sowie das Parenchym tritt in diesen Zonen stark zurück.

Die nächstliegende Frage wäre nun, ob es sich bei den Tropenhölzern um wenigstens den Jahresringen ähnliche Gebilde handelt, evtl. inwiefern sie sich von jenen unterscheiden und vor allem, ob sich eine Regelmäßigkeit in der Rhythmik beobachten läßt, woraus auf das Alter der betreffenden Hölzer geschlossen werden kann.

Obwohl auch die Antwort hierauf bei der Einzelbeschreibung schon gegeben ist, möchte ich hier noch einen kurzen Vergleich zwischen den beiden Ringbildungen geben.

Beobachtet man mit bloßem Auge die Querschnitte der untersuchten Tropenhölzer, so sind auch auf diesen mehr oder weniger breite Ringschichten zu sehen. Diese treten zwar meist nicht so deutlich hervor wie die Jahresringe und sind häufig auch nicht als geschlossene Ringe über den ganzen Schnitt zu verfolgen, bilden also nur Teilstücke von solchen.

Eine gewisse Ähnlichkeit mit den Jahresringen zeigt bei der Untersuchung nur das Holz von *Strophantus*. Das 19jährige

Exemplar läßt auf dem Querschnitt 11 schärfere Ringe erkennen, deren Grenze durch Engholz gebildet und schärfer abgegrenzt ist als bei den andern Hölzern. Die Hauptähnlichkeit bedingt aber der Wechsel der Gefäßlumina; sie werden kurz vor und in dem Engholz kleiner und nehmen in dem darauffolgenden Holz (einer Art Weitholz) an Größe bedeutend zu, so daß eine Ähnlichkeit mit Jahresringen zweifellos vorhanden ist. Gegen die Annahme von Jahresringen spricht indes der verhältnismäßig große Unterschied zwischen der Zahl der Jahre und der der Ringe.

Im übrigen ergibt die mikroskopische Untersuchung für die Ringzonen alle möglichen Variationen.

Die einen sind durch radial verkürzte, verdickte Holzfasern (Engholz) hervorgerufen. Dieses Engholz tritt, außer bei *Theobroma Cacao*, mehr oder weniger stark ausgebildet bei jedem Holz auf. Die andern werden von Parenchym und dünnwandigen Holzfasern (Weitholz, dem Frühholz entsprechend, jedoch ohne Zunahme der Gefäßlumina) gebildet *(Erythroxylon, Coffea, Kickxia)*, wieder andere durch eine Art Zellulose führende Holzfasern *(Hevea)*. Schließlich sind für das bloße Auge deutliche, breitere Zonen sichtbar, die im Mikroskop entweder überhaupt nicht (Farbunterschiede) oder nur als ganz schwach verdickte Holzfasern wieder zu erkennen sind *(Erythroxylon, Coffea, Thea, Kickxia, Palaquium)*.

Bei den entblätterten und geschnittenen Exemplaren sind je ein oder zwei Ringe aus dünnwandigen, verzerrten Holzfasern zu beobachten, die möglicherweise auf die Entblätterung resp. auf das Schneiden zurückzuführen sind.

Eine regelmäßige Periodizität im Auftreten bestimmter Schichten ist bei den einzelnen Hölzern nicht festzustellen. Vor allem aber entspricht die Zahl der Schichten dem Alter des Holzes im allgemeinen nicht. Am deutlichsten ist dies bei *Erythroxylon* zu sehen, wo das 15jährige Exemplar viel weniger Ringe aufweist als die jüngeren. Wohl stimmt bei dem untersuchten Exemplar von *Thea assamica* die Zahl der Engholzringe mit den Jahren überein, doch, wie an der betreffenden Stelle bereits erwähnt und wie aus dem übrigen Bau des Holzes zu schließen, scheint diese Übereinstimmung ein Zufall zu sein.

Es geht wohl aus der Beobachtung der Hölzer hervor, daß auch bei den in feuchten Tropen wachsenden Pflanzen das Kambium nicht während des ganzen Jahres völlig gleichmäßig weiter arbeitet;

es müssen also auch hier Zeiten der Ruhe oder wenigstens solche geringeren Wachstums vorhanden sein, wenn auch ihr Auftreten von dem bei unsern einheimischen Gewächsen verschieden ist.

Wäre nun für den Wechsel des Wachstums und der Ruhe in einem so gut wie gleichmäßigen Klima allein innere Ursachen maßgebend, so müßte doch naturgemäß ein regelmäßiger Rhythmus vorhanden und aus der Anzahl der Zonen das Alter des betreffenden Holzes zu bestimmen sein. Das ist aber, wie schon die Schemas zeigen, nicht der Fall.

Als mögliche Faktoren, die für die Bildung dieser unregelmäßigen Zuwachszonen maßgebend sein könnten, kommen in Betracht: Schwankungen der Temperatur, des Lichts, der Feuchtigkeit und des Nährstoffgehaltes des Bodens (vgl. die neueste Arbeit von Klebs 1914).

Die Änderungen äußerer Bedingungen können ebensowohl direkt auf das Kambium einwirken als auch indirekt, indem die Bildung und das Absterben des Laubes sowie die Entstehung der Triebe von ihnen bestimmt werden und davon wieder die Ruhe oder Tätigkeit des Kambiums abhängig ist.

Überblick über die Ergebnisse bei den einzelnen Holzarten.

1. *Erythroxylon Coca.*

Untersucht wurde 4-, 5-, 6-, 7- und 15jähriges Material. Ringbildungen makroskopisch schwach, häufig als Teilringe sichtbar; mikroskopisch sehr undeutlich, teils durch wenig hervortretendes Engholz, teils durch Weitholz; in beiden Ringzonen keine Größenunterschiede der Gefäßlumina. Die Anzahl der vollständigen sowie der unvollständigen Ringschichten ist bei den einzelnen Jahrgängen sehr verschieden; das 15jährige Exemplar weist bedeutend weniger Ringe auf als die jüngeren.

2. *Coffea.*

Es wurden 9 Exemplare verschiedener Spezies und Alters verarbeitet. Mit bloßem Auge sind neben verschwommenen breiteren Ringschichten schmälere und etwas deutlicher ausgeprägte zu beobachten. Die mikroskopische Untersuchung ergibt dieselbe Variation wie bei *Erythroxylon*, also Ringe von Engholz und Weit-

holz. Gefäßlumenänderungen sind — außer bei *Coffea arabica* und *C. arabia* var. *maragogyp*, bei denen die Lumina in den Engholzzonen wenig ab und nach diesen zunehmen — keine festzustellen. Die Anzahl der Ringe und das Alter der betreffenden Hölzer zeigen durchaus keine Übereinstimmung.

3. *Thea assamica.*

Das 14jährige Material zeigt 14 scharfe, schmale Ringe aus Engholz und 6 mehr durch den Farbunterschied erkenntliche breite; typisches Weitholz fehlt. Das Übereinstimmen der 14 Engholzringe mit den Jahren des Holzes scheint Zufall, d. h. Folge von Schwankungen des Klimas und Bodens, nicht einer jährlich wiederkehrenden Rhythmik, zu sein.

4. *Theobroma Cacao.*

Die Grundmasse des Holzes besteht aus Parenchym. Libriformfasern kommen verhältnismäßig sehr wenig und meist vereinzelt, seltener in kleinen Bündeln vor. Auf dem Querschnitt des 6jährigen Holzes verlaufen 21 geschlossene, teils mehr, teils weniger deutliche Ringe aus dickerwandigem, engerlumigen Parenchym.

5. *Strophantus dichotomus.*

Der Querschnitt des 19jährigen Exemplars zeigt 11 scharf abgegrenzte Ringe aus Engholz. Durch die Abnahme der Gefäßlumina in diesen und die rapide Zunahme sofort nach ihnen ist eine Ähnlichkeit mit den Jahresringen unserer Bäume vorhanden. Die Zahl der Ringe und der Jahre ist jedoch so verschieden, daß Jahresringe nicht vermutet werden können.

6. *Kickxia elastica.*

Bezüglich der Elemente zeigt dieses Holz Ähnlichkeit mit *Strophantus*. Die Gefäße sind jedoch nicht so zahlreich vorhanden und ihre Lumina kleiner.

Das 5½jährige Holz zeigt dem bloßen Auge ganz undeutliche und verschwommene Ringe. Es treten 6 solche aus Engholz und zwei aus Weitholz auf. Die Gefäßlumina ändern sich in diesen Zonen nicht (schärfster Unterschied gegenüber *Strophantus*).

7. *Palaquium.*

Untersucht wurden: *Palaquium oblongifolium* (10jährig, *P. borneense* (5jährig) und *P. borneense* (6jährig), entblättert. Es sind zwei Arten von Ringen zu unterscheiden: scharf abgegrenzte, aus typischem Engholz (also verdickte radial verkürzte Libriformfasern) und breitere, undeutlichere, in denen die Holzfasern weniger verdickt sind, ohne radiale Verkürzung. Gefäßlumenab- und -zunahme in diesen Zonen, sowie eine Übereinstimmung derselben mit dem Alter der betreffenden Exemplare ließ sich auch hier nicht feststellen. Eine Folge der Entblätterung auf das Holz konnte ich nicht erkennen.

8. *Hevea brasiliensis.*

Es wurden 6 Stämme untersucht und zwar 1 Exemplar, das normal, d. h. ohne Störung gewachsen ist, 2 solche, die je 3mal entblättert worden waren, eines, das mit dem Messer an verschiedenen Stellen angeschnitten und zwei, deren Stamm geringelt waren. Die Ringbildung ist hier aus Engholz und Holzfasern mit zelluloseartigem Wandbelag hervorgerufen; Weitholz fehlt.

Für die zellulose führenden Holzfasern ergab die Untersuchung an verschiedenen Stellen der Stämme, daß sie nicht durch den ganzen Stamm verlaufen, also nur lokale Gebilde sind.

An den entblätterten und geschnittenen Exemplaren sind je ein oder zwei Ringe von radialverkürzten, verzerrten dünnerwandigen Holzfasern zu beobachten, die möglicherweise auf die Entblätterung resp. das Schneiden zurückzuführen sind. Die Anzahl der Ringe und das Alter der Hölzer ist ebenso verschieden wie bei *Erythroxylon;* teils sind die Schichtungen sehr zahlreich, teils ist der Querschnitt größtenteils vollkommen homogen. Es ist also auch hier, wie bei den andern Hölzern das Alter unmöglich an der anatomischen Struktur zu erkennen.

Literatur-Verzeichnis.

HOLTERMANN, C., Der Einfluß des Klimas auf den Bau der Pflanzengewebe. Leipzig 1907.

KLEBS, G., Über das Treiben der einheimischen Bäume, speziell der Buche. Heidelberg 1914.

MICHAEL, Vergleichende Untersuchungen über den Bau des Holzes der Kompositen. Capri foliaceen und Rubiaceen. Diss., Leipzig 1885.

MÖLLER, Beiträge zur vergleichenden Anatomie des Holzes. 1876.

MOLL und JANSONIUS, Mikrographie des Holzes der auf Java vorkommenden Holzarten. Leiden 1906.

REICHE, K., Zur Kenntnis der Lebensfähigkeit einiger chilenischer Holzgewächse. Jahrb. f. wiss. Botanik 30, 1897, S. 81 .

SIMON, S. V., Sudien über die Periodizität der Lebensprozesse der in dauernd feuchten Tropengebieten heimischen Bäume. Leipzig 1914.

SCHRÖDER, Über den systematischen Wert der Holzstruktur. Diss., München 1885.

URSPRUNG, R., Zur Periodizität des Dickenwachstums in den Tropen. Bot. Zeitung 1904. Bd. 62, S. 189.

Die sapropelische Lebewelt.

Ein Beitrag zur Biologie des Faulschlammes natürlicher Gewässer.

Von **Robert Lauterborn.**

Mit Tafel III.

Inhalt.

Einleitung.

Die Biologie des Süßwassers steht immer noch vorherrschend im Zeichen des Planktons. Wo vor wenigen Jahrzehnten man in Seen und Teichen nur öde, höchstens von Fischen durchfurchte Wasserfluten sah, hat die Wissenschaft einen neuen Schauplatz organischen Lebens erschlossen. Eine ungeahnte Fülle von Formen tat sich hier auf: so reich und so schön in wechselvoller Gestaltung und Anpassung an das kristallne Element, daß nicht nur zünftige Forscher mit regem Eifer allenthalben Besitz ergriffen von dem vielverheißenden Gebiete, sondern auch die immer mehr anschwellende Schar jener, die nur zur Gemüts- und Augenergötzung der Natur sich nahen. So wurde das Plankton Gemeingut, Schlagwort, Mode.

Aber — war es wirklich nur der lockende Reiz des Neuen, nur die ästhetische Freude am Zierlichen und Harmonischen, welche der Tier- und Pflanzenwelt des freien Wassers so viele Freunde warb? Ich glaube kaum. Hier spielte wohl noch ein anderer Faktor mit, ohne den das Plankton kaum jemals derart bevorzugt worden wäre, wie wir es jetzt noch vielfach sehen.

Es gibt keinen zweiten Lebensbezirk zu Wasser und zu Lande, dessen Komponenten so rasch und mühelos, so reinlich und dabei so vollständig zu erbeuten wären wie diejenigen des Planktons. Wenn wir vom gleitenden Kahne aus das feine Netz in die Tiefe eines Sees versenken, dürfen wir mit einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit darauf rechnen, daß unser Fang so ziemlich den gesamten jeweiligen Artbestand an freischwebenden Lebewesen heraufbringt; nur die allerkleinsten und vielleicht auch die allergrößten Formen könnten uns teilweise entschlüpft sein. Was das Netz zurückhielt, ist normalerweise ein Brei von Pflanzen und Tieren und nur von solchen, frei von allen störenden fremden Beimengungen mineralischer oder organischer Natur. Das hat einen hohen Wert, ganz besonders wenn es gilt, nicht nur an lebendem, sondern auch noch an konserviertem Materiale große Individuenmengen mit einem Blicke vergleichend zu überschauen. Es ist darum auch kein Zufall, wenn bei den neueren Untersuchungen



über Cyclomorphose und cyklische Fortpflanzung, über Varietätenbildung sowie über Wechsel der Fauna und Flora im Kreislauf des Jahres gerade das Plankton eine bedeutsame Rolle gespielt hat und in Zukunft, wie ich hoffe, noch mehr spielen wird.

Nun aber das Gegenstück! Welchen Aufwand von Zeit, Mühe und Sorgfalt erfordert es, um einen auch nur halbwegs vollständigen Überblick über jene Organismen zu gewinnen, welche den Boden eines Gewässers am Ufer oder in der Tiefe bewohnen[1])! Das bedingt schon die Vielgestaltigkeit des Untergrundes: der Schlamm, der Sand, das feste Gestein, das Gewirre der Wasserpflanzen — sie alle bergen ihre besondere charakteristische Welt von Tieren und Pflanzen. Nur selten wird es hier möglich sein, die Mikroorganismen einigermaßen rein vom Substrate abzuheben. Bis zu einem gewissen Grade gelingt dies am ehesten noch bei den Diatomeenfilzen unserer Seen, Altwasser und Teiche, ganz besonders, wenn sie bei Sonnenschein durch lebhafte Sauerstoffentwicklung vom Grunde losgelöst und in Fetzen zur Oberfläche emporgetragen werden, weiter bei den mit braunflockigem Schlamm umhüllten Büschen von *Utricularia* und *Myriophyllum*, den *Sphagnum*-Polstern usw. Hier sind die Organismen oft auf kleinstem Raume in eine Art- und Individuenfülle zusammengedrängt, wie man es in der freien Natur sonst kaum wieder antrifft[2]). In den weitaus meisten Fällen müssen wir beim Pedon mit den Lebewesen stets auch noch weit beträchtlichere Massen der festen Umgebung mitentnehmen, was das Auf-

---

[1]) Man könnte die an den Boden, an die Pflanzen usw., also an ein mehr oder weniger festes Substrat gebundenen Organismen vielleicht als pedonische den frei schwebenden planktonischen gegenüberstellen. Auch das entsprechende Substantivum Pedon würde ganz gut klingen, ist aber sprachlich insofern vielleicht nicht ganz einwandfrei, als τо πέδων nur Boden, speziell Fußboden bedeutet; sprachlich ganz korrekt wäre (nach freundlicher Mitteilung des Herrn Professor Dr. Boll in Heidelberg) das Wort Empedon. Auf jeden Fall scheint mir aber der Ausdruck Pedon als Gegensatz zum Plankton umfassender und auch genauer zu sein als der öfter gebrauchte Ausdruck Benthos, der nichts weiter als „Tiefe" bedeutet und darum einigermaßen sinngemäß auch nur für Tiefenbewohner angewendet werden sollte.

[2]) Auch beim Plankton nicht. Man vergißt gar zu leicht, daß das bunte Gewimmel eines gelungenen Planktonfanges eine ganz unnatürliche Konzentrierung darstellt, welche nur durch das Filtrieren größerer Wassermengen erzielt wurde.

suchen, die Feststellung sowie die ungestörte Beobachtung der einzelnen Formen unter dem Mikroskope natürlich sehr erschwert, eine befriedigende Massenkonservierung des Fanges vielfach völlig unmöglich macht.

So ist denn das Plankton für manche zum Angelpunkt der Hydrobiologie überhaupt geworden. Sehr zu Unrecht, schon darum, weil das, was im freien Wasser schwebt und schwimmt, nur einen Bruchteil dessen darstellt, was ein Gewässer an lebendigem Inhalt birgt. Die Tier- und Pflanzenwelt des Bodens aber etwa nur darum zu vernachlässigen, weil ihr vielleicht der ästhetische Reiz des Planktons abgeht und sie mühsamer zu untersuchen ist als dieses, wäre doch ein recht dilettantischer Standpunkt. Wer hier — nicht nur bildlich gesprochen — tiefer dringt, wird bald inne werden, daß auch auf dem festen Grunde noch Probleme der Biologie ihrer Lösung harren, welche an Bedeutung denen des freien Wassers in keiner Weise nachstehen.

Was hier über das Pedon im allgemeinen angeführt wurde, gilt in ganz besonderem Maße von jenen Bodenorganismen, welche den faulenden organischen Schlamm am Grunde unserer Gewässer bewohnen, und die ich darum im Jahre 1901 zum ersten Male als „Sapropelische Lebewelt“ zusammengefaßt habe[3]).

Wenn in einer Zeit so regen Strebens auf den verschiedensten Gebieten der Hydrobiologie eine morphologisch wie biologisch derart interessante und charakteristische Lebensgenossenschaft so lange vernachlässigt werden konnte, so muß dies, abgesehen von der bereits hervorgehobenen einseitigen Überschätzung des Planktons, noch einen besonderen Grund gehabt haben. Ich glaube, dieser lag vor allem darin, daß der eigentliche Aufenthaltsort der sapropelischen Organismen recht wenig Einladendes bietet: es gehört für manchen schon eine gewisse Überwindung dazu, sich mit

---

[3]) Man liest heutzutage ziemlich viel von einem „Sapropel“. Da ist es an dieser Stelle mir vielleicht gestattet darauf hinzuweisen, daß meine erste Arbeit über die „Sapropelische Lebewelt“ unter diesem Titel bereits im Jahre 1901, also drei Jahre früher erschien als POTONIES erste Publikation über das „Sapropel“. (H. POTONIE, Über Faulschlamm [Sapropel]. Sitzungsber. Gesellsch. Naturf. Freunde, Berlin 1904, S. 243—245.) POTONIE, der meine Arbeit nicht gekannt zu haben scheint, faßt den Begriff des „Sapropels“ weiter als ich denjenigen der eigentlichen sapropelischen Lebewelt.

diesem faulen stinkenden Schlamm etwas näher zu befassen. Dazu kommt noch, daß eine ganze Reihe gerade der charakteristischsten Formen hier nicht auf, sondern „kryptopelisch" in dem Schlamme leben, wo ihre Individuenmenge zudem oft noch recht gering ist; sie wollen darum also schon etwas gesucht sein.

Wer sich aber in diese verborgene Welt erst einmal etwas vertieft hat, der findet hier ein Arbeitsfeld, welches noch auf Jahre hinaus eine Fülle des Interessanten nach den verschiedensten Richtungen hin zu bieten vermag. Zunächst in rein deskriptiv-systematischer Hinsicht. Ganz ungewöhnlich groß und noch lange nicht erschöpft ist der Reichtum an höchst eigenartigen Bakterien, Infusorien, Gastrotrichen usw., welche hier und nur hier die ihnen zusagenden Existenzbedingungen finden. Dazu eine beträchtliche Zahl mehr oder weniger problematischer Formen, deren Einreihung in unser jetziges scheinbar so wohlgegliedertes System noch manche Schwierigkeiten bietet. Und trotzdem möchte ich eine Erweiterung unserer Kenntnisse nach dieser Richtung hin noch nicht einmal für das Wichtigste halten. Viel bedeutungsvoller dürfte die Erforschung der Biologie, vor allem der Physiologie der sapropelischen Organismen werden. Wenn es erst einmal gelungen sein wird, gewisse Vertreter derselben — ich denke hierbei an bestimmte Bakterien und bakterienähnliche Formen — zu isolieren[4]), in Reinkultur zu züchten und mit den Hilfsmitteln moderner Forschung ihre speziellen physiologischen Leistungen festzustellen, so dürfte nach meiner festen Überzeugung hier Tatsachen zutage treten, welche einen Vergleich mit den so weittragenden Ergebnissen der Mikrobiologie der letzten Jahrzehnte kaum zu scheuen haben werden.

Zu diesen Forschungen die Anregung zu geben, war meine vorläufige Mitteilung vom Jahre 1901 bestimmt; ihnen — soweit dies heute möglich ist — eine breitere systematisch-biologische Grundlage zu schaffen, soll die Hauptaufgabe der vorliegenden Arbeit sein.

[4]) Der Umstand, daß zahlreiche sapropelische Organismen im Schlamm, zwischen Massen von Cellulóseresten leben, erschwert bei den kleinen nur vereinzelt auftretenden Formen alle etwas komplizierteren Färbungen, wie sie namentlich bei Sichtbarmachung der Bakteriengeißeln nötig sind, außerordentlich. Dies wolle in Betracht gezogen werden, wenn in folgendem bei den bakterienartigen Organismen hauptsächlich die Beobachtungen am lebenden Objekte zugrunde gelegt sind.

I. Vorkommen und Verbreitung der sapropelischen Lebewelt.

Die sapropelische Lebewelt umfaßt, wie der Name besagt, die Tier- und Pflanzenwelt des faulenden organischen Schlammes am Grunde der Gewässer, des Süßwassers wie auch des Meeres.

Dieser Schlamm besteht zum weitaus überwiegenden Teil aus pflanzlichen Resten aller Art, dazu aus Residuen und Exkrementen von Tieren; anorganische mineralische Bestandteile treten hier völlig in den Hintergrund.

Die Hauptbedingung für die Bildung eines solchen organischen Schlammes ist also zunächst das Vorhandensein einer üppigen Vegetation höherer Pflanzen im und unter Umständen auch am Wasser. Beim Absterben sinken die Reste derselben zu Boden, zerfallen, der plasmatische Inhalt der Zellen geht bald in Fäulnis über, während die cellulosereichen Zellmembranen viel länger der Zerstörung widerstehen.

Dieser Vorgang spielt sich jahraus jahrein in allen Gewässern ab, die überhaupt Pflanzen enthalten. Damit es hier aber zu einer beträchtlicheren Anreicherung eines cellulosereichen organischen Schlammes und zur typischen Ausbildung einer sapropelischen Lebewelt kommt, müssen noch besondere Bedingungen erfüllt sein. Dazu gehören vor allem Ruhe des Wassers und Schutz vor allzu intensiver Durchleuchtung.

Es ist klar, daß eine völlig ungestörte Ablagerung des Schlammes nur in ruhigen Gewässern vor sich gehen kann. In unseren Flüssen und Bächen wird die absterbende Vegation durch die Strömung von ihren Ursprungsorten entführt und nur bisweilen wieder, meist mit Schlick und Sand vermischt, sekundär in stillen Buchten, Altwasser usw. zusammengeschwemmt[5]).

[5]) In den Riesenströmen des nördlichen Sibiriens, besonders im Ob, kommt es während der langen Winternacht unter der mächtigen Eisdecke auf Strecken mit langsamer Strömung und morastigem Grunde zu sehr ausgedehnten Fäulniserscheinungen: das Wasser wird weithin stinkend, „tot“, so daß kein Fisch hier mehr zu atmen vermag. Hierüber hat schon Peter Simon Pallas, der große Erforscher Sibiriens, eine Reihe von Beobachtungen mitgeteilt (Reise durch verschiedene Provinzen des Russischen Reiches, III. Teil,

Ein weiterer Faktor von ausschlaggebender Bedeutung ist ein genügender Schutz vor allzu intensiver Beleuchtung. Das Sonnenlicht bewirkt zunächst eine lebhafte Sauerstoffproduktion der chromatophorenführenden Pflanzen und Flagellaten und fördert dadurch mit Hilfe aërober Bakterien in hohem Maße die Spaltung, fortschreitende Oxydierung und schließliche „Mineralisierung" der organischen Substanz in stabilere anorganische Verbindungen. Dabei wird der Kohlenstoff des zerfallenden Eiweißmoleküls zu Kohlensäure CO_2, der Stickstoff als Ammoniak NH_3 durch die Tätigkeit der Nitrit- und Nitratbakterien zu salpetriger Säure N_2O_3 und weiter zu Salpetersäure N_2O_5, der Wasserstoff zu Wasser H_2O, der Schwefel als Schwefelwasserstoff H_2S durch die Schwefelbakterien schließlich zu Schwefelsäure H_2SO_4 oxydiert, die sich mit dem kohlensauren Kalk des Wassers zu schwefelsaurem Kalk verbindet. Bei Abschluß oder stärkerer Dämpfung des Lichtes und dem dadurch bedingten Mangel an Sauerstoff überwiegen im Schlamm stagnierender und schlecht durchlüfteter Gewässer Reduktionserscheinungen, meist durch anaërobe Bakterien bewirkt. Es tritt dann an Stelle der normalen stetig fortschreitenden oxydativen Spaltung eine unvollständige Zersetzung der organischen Substanz, unter Bildung gewisser organischer Säuren (Fettsäuren usw.) und beträchtlicher Mengen lebensfeindlicher Gase wie Methan CH_4, Kohlensäure CO_2, Wasserstoff, und dann ganz besonders Schwefelwasserstoff H_2S. Der Schlamm geht in stinkende Fäulnis über. Damit sind die eigenartigen Lebensbedingungen für die sapropelische Organismen gegeben.

Eine einfache Überlegung zeigt, daß die Hauptbedingungen einer typischen Faulschlammbildung — Überfülle zerfallender vegetabilischer Reste, Stagnation des Wassers, Sauerstoffmangel meist bei beschränkter Belichtung — sich am ehesten in abgeschlossenen kleineren Gewässern, in Teichen, Tümpeln und Gräben vereint finden. Auch in seichten pflanzenreichen Seen ist eine Bildung von Faulschlamm möglich. In großen und tiefen Seen dagegen ist die Vegetation in unseren Breiten niemals so üppig entwickelt, daß sie den ganzen Spiegel überzieht; das ist hier höchstens in Uferbuchten

1. Bd., S. 80—81, Petersburg 1776). Es wäre jedenfalls von Interesse, diese Erscheinung genauer zu untersuchen: handelt es sich hierbei doch um ganz gewaltige „natürliche Flußverunreinigungen", für welche die Ströme Europas kaum ein einziges entsprechendes Beispiel bieten können.

oder sonstwie mehr oder weniger abgeschlossenen flacheren Becken der Fall. Dazu kommt noch, daß in Seen, sowie in den meisten Altwassern die Art- und Individuenzahl schlammfressender Tiere wie Schnecken, Muscheln, Tubificiden, Crustaceen, Insektenlarven usw. — meist viel beträchtlicher ist als in den kleinen abgeschlossenen Teichen und Tümpeln.

Im einzelnen weisen nun die Stätten einer reichen Entfaltung sapropelischen Lebens mannigfache Verschiedenheiten auf. Ich möchte in folgendem nur einige der typischsten Lokalitäten herausgreifen.

Da sind vor allem einmal die Teiche in Wäldern und Gebüschen, meist mit steil abfallenden Uferhängen und oft von einem Schilfgürtel (*Phragmites communis*) umgeben. Ihre Oberfläche erscheint gewöhnlich mit einer dichten Decke von *Lemna* (hauptsächlich *L. minor*, dann auch *L. polyrhiza*) übergrünt, die als kräftiger Lichtschirm wirkt; das Wasser selbst ist durchwuchert von zahllosen *Lemna trisulca*. Sonstige Phanerogamen finden sich nur recht selten, mit Ausnahme von *Ceratophyllum demersum*, dessen flutenden Büsche auch ziemlich stark „verunreinigtes" Wasser ertragen. Der Boden dieser Becken ist mit einem äußerst lockeren oft mehr als metertiefen Schlamm bedeckt, der sich fast ausschließlich aus gebleichten Resten von *Lemna* sowie eingewehten Laubblättern in den verschiedensten Stadien des Zerfalls zusammensetzt. Die oberen Schichten dieses Schlammbreies sind ziemlich grob strukturiert, meist von bräunlicher Farbe und wohl stets mit den charakteristischen rotvioletten Flöckchen von Purpurbakterien durchwirkt; wo die Lemnadecke Lücken zeigt, fehlen auch blaugrüne Oscillarienfilze nicht. In den tieferen Lagen wird der Schlamm immer feinkrümeliger, kompakter und nimmt mehr und mehr eine schwärzliche Farbe an, die durch das reichliche Vorkommen von Schwefeleisen FeS bedingt wird.

Ähnliche Lokalitäten finden sich auch in Sumpfgebieten, wo alte Torf- und Lehmgruben, tiefere Gräben, mit Erlen und Weiden umstanden sind, ferner in stark verwachsenen Rohrtümpeln usw. In einigen Fällen traf ich die sapropelischen Organismen auch in Waldtümpeln und -gräben, die gar keine eigentlichen Wasserpflanzen enthielten, wo also der schwarze Faulschlamm lediglich von dem eingewehten Herbstlaub gebildet wurde, dessen Blättermassen die tiefen Schlammpartieen sehr wirksam gegen das Licht schützen.



Besonders reich und vielgestaltig ist weiter das sapropelische Leben in Gewässern entwickelt, die am Grunde ausgedehnte Rasen von *Characeen*, vor allem der Gattung *Chara* selbst (*Ch. foetida*, *Ch. aspera* usw.) bergen[6]). Die kalkinkrustierten sparrigen Stengel und Blätter bilden nach ihrem Absterben mächtige Ablagerungen eines bräunlichen Faulschlammes mit besonders lebhafter Schwefelwasserstoffentwicklung. Auch hier ist die Oberfläche des halbflüssigen Schlammes meist dicht durchwirkt mit zahllosen Purpurbakterien der verschiedensten Gattungen, mit gelb- und blaugrünen Flocken und Filzen von Oscillarien, Chlorobakterien und verwandten Formen; farblose Schwefelbakterien fehlen ebenfalls nicht und überziehen den Grund der Tümpel und Teiche stellenweise mit einem milchig-opaken Schimmer oder umspinnen die zerfallenden Charastengel mit kreidig weissen Filzen.

Gewässer dieser Art haben sicherlich eine sehr weite Verbreitung; sie dürften sich in unseren Breiten wohl fast überall nachweisen lassen, besonders in ebenem und hügeligem Gelände mit kalkhaltigem Untergrund. In höheren Mittelgebirgen (Schwarzwald, Vogesen) sowie in den Alpen (Quellgebiet des Rheins) habe ich Lokalitäten mit einer typisch sapropelischen Fauna und Flora bis jetzt nicht angetroffen. Die reichsten Fundstätten bot mir die Rheinebene: so ein jetzt zugeschütteter Rohrtümpel bei Ludwigshafen, mehrere Waldteiche bei Neuhofen, ein Graben bei Bobenheim, alte Torfgruben bei Neuhofen, Maudach und Viernheim, sumpfige Gräben unter Weidengebüsch bei Mannheim, die Festungsgräben bei Germersheim, der Altrhein bei Illingen (unweit Rastatt) usw.

Was das jahreszeitliche Vorkommen der sapropelischen Lebewelt anbelangt, so fällt deren Hauptentfaltung naturgemäß auf die Periode des lebhaftesten Absterbens und Zerfalles der Wasservegetation, also auf Spätherbst, Winter und besonders Vorfrühling. Um diese Zeit ist ja durch die tiefer stehende Sonne, die Kürze der Tage, der Lichtgenuß und damit die Durchlüftung der Gewässer auf ein Minimum herabgesetzt, ganz besonders wenn noch eine Eisdecke den Spiegel von der Luft abschließt. Im Hochsommer treten die eigentlichen sapropelischen Organismen mehr oder weniger zurück. Am besten halten sie sich um diese Zeit

[6]) In Gewässern, deren Grund mit den kaum inkrustierten Beständen von Nitella übergrünt sind, sah ich niemals derart mächtige Faulschlammablagerungen wie in denjenigen mit Chara.

noch in dicht beschatteten Teichen; in offenen Gewässern verschwinden sie entweder völlig oder ziehen sich nach tieferen Schichten des Schlammes, was jedenfalls mit der üppigen Entfaltung der grundständigen Vegetation und deren gesteigerter Sauerstoffproduktion im Zusammenhang steht. Höchst wahrscheinlich wirkt das Sonnenlicht auch direkt schädigend auf die anaëroben Organismen ein.

Meine eigenen Untersuchungen erstreckten sich bisher nur auf die sapropelischen Organismen des Süßwassers. Daß diese aber auch dem Meere nicht fehlen, lehrt WARMINGS inhaltsreiche Arbeit über die Bakterien der dänischen Küsten (1876). Hier werden sowohl im Gebiete der Ostsee als auch der Nordsee durch den Wellenschlag oft sehr beträchtliche Mengen von Seegras (*Zostera marina*) sowie Algen vom Grunde losgerissen, in stille Buchten und Strandtümpel eingeschwemmt, wo die Pflanzensubstanz in Gärung und Fäulnis übergeht. Dabei entwickeln sich zahllose Bakterien der verschiedensten Gattungen und Arten, darunter vor allem die Purpurbakterien oft in solchen Massen, daß das Wasser der Buchten rot gefärbt erscheint. Bemerkenswert ist hierbei die sehr weitgehende artliche Übereinstimmung der sapropelen Bakterienflor des Meeres mit derjenigen des Süßwassers: wie die folgenden Ausführungen ergeben werden, konnte ich eine ganze Anzahl der von WARMING beschriebenen, bisher ausschließlich als marin betrachteten Formen auch im Süßwasser nachweisen.

Eine üppige Entfaltung sapropelischen Lebens zeigen auch die Schwefelquellen, über deren Bakterien- und Algenflor neuerdings SZAFER (1910) und STRZESJEWSKY (1913) berichtet haben. Hier scheinen neben den gewöhnlichen Schwefel- und Purpurbakterien besonders auch jene eigenartigen gelbgrünen Chlorobakterien zu charakteristischer Entwicklung zu gelangen, welche die genannten Autoren noch als Algen und zwar als Angehörige der Gattung *Aphanothece* betrachteten und die ich in unseren Teichen und Tümpeln ebenfalls hauptsächlich zur Zeit der stärksten Anreicherung von Schwefelwasserstoff, im Winter unter der Eisdecke, in größeren Mengen vorgefunden habe.

II. Systematische Übersicht der Sapropelischen Organismen.

In folgendem soll nun der Versuch gemacht werden in systematischer Reihenfolge diejenigen Pflanzen und Tiere vorzuführen, welche der sapropelischen Lebewelt natürlicher Standorte ihr charakteristisches Gepräge verleihen, sei es, daß sie als Leitformen dieser Biocoenose überhaupt nur hier vorkommen, sei es, daß sie hier als Massenformen die größte Individuenzahl im Vergleich mit anderen Schlammansammlungen erreichen. Wir beginnen dabei mit den niedersten Formen, den Bakterien und steigen über die Algen und Protozoen zu den Metazoen auf.

1. Bakterien und bakterienartige Organismen.

An Stätten, wo wie im faulenden Schlamm so gewaltige Mengen organischer Substanz dem Zerfall und der Zersetzung, der Fäulnis und Gärung unterliegen, spielen die Bakterien naturgemäß eine höchst bedeutungsvolle Rolle. Zwar ist es nicht möglich, das Heer der kleinsten Formen morphologisch so zu charakterisieren, daß die einzelnen Arten des bunten Gewimmels durch das mikroskopische Bild allein in allen Fällen mit Sicherheit zu bestimmen wären: dazu bietet die oft so gleichförmige äußere Gestaltung zu wenig unterscheidende Merkmale. Trotzdem sind wir im Stande, das Vorkommen einer ganzen Reihe von Bakterien im Schlamme lediglich aus den physiologischen Leistungen derselben festzustellen. Wir wissen, daß an dem Abbau der organischen Substanz, an der Fäulnis der Eiweißkörper wie an der Vergärung der Kohlehydrate eine ganze Anzahl von Bakterienarten beteiligt sind, von denen einige, wie z. B. gewisse Fäulnisbakterien, recht verschiedenartige biochemische Umsetzungen zu vollführen im Stande sind, während eine nicht unbeträchtliche Reihe anderer auf ganz spezielle, oft eng begrenzte physiologische Leistungen eingestellt sind. Zu den wichtigsten dieser gehören im faulenden Schlamme mit seinen Ablagerungen pflanzlicher Zellhäute vor allem die Vergärer der Cellulose, der *Bacillus cellulosae methanicus* Omelianski, der die Cellulose unter Bildung von Methan, Kohlensäure und Fett-

säuren zersetzt, sowie der *B. cellulosae hydrogenicus* Omelianski, welcher aus der Cellulose Wasserstoff, Kohlensäure und Fettsäuren entbindet. Dadurch wird die sonst so schwer angreifbare Cellulose erst dem Kreislauf der organischen Substanz erschlossen.

Weiter sind die Stätten sapropelischen Lebens die eigentliche Heimat der Schwefelbakterien, deren überwiegende Mehrheit nur hier sich in größerer Üppigkeit entfaltet. Morphologisch von höchster Vielgestaltigkeit nimmt diese Gruppe einen sehr bedeutungsvollen Anteil an den biochemischen Umwandlungen des faulenden Schlammes. Besitzen doch, wie Winogradskys grundlegende Untersuchungen dargetan haben, die typischen Schwefelbakterien die merkwürdige Fähigkeit den bei der Eiweißfäulnis stets in reichlichen Mengen entbundenen Schwefelwasserstoff H_2S nach der Formel

$$H_2S + O = S + H_2O$$

zu Schwefel zu oxydieren, der dann in Gestalt dunkler Kügelchen in den Zellen aufgespeichert, bei Bedarf aber weiter zu Schwefelsäure oxydiert wird:

$$S + 3\,O + H_2O = H_2SO_4$$

Die so gebildete Schwefelsäure wird durch die im Wasser vorhandenen Karbonate sofort neutralisiert, die Karbonate werden also in Sulfate übergeführt.

Unter diesen Umständen wäre eigentlich zu erwarten, daß in kalkreichen Gewässern, die viele Schwefelbakterien enthalten, schließlich eine beträchtliche Anreicherung von schwefelsaurem Kalk, also Gips, eintreten müßte. Einer stärkeren Anreicherung wirkt aber eine andere Gruppe von Bakterien, diejenige der desulfurierenden oder gipszerstörenden Formen entgegen, welche die Sulfate immer wieder zu Sulfiden reduzieren. In dieser Richtung ist besonders das von Beijerinck aus Grabenschlamm isolierte und in Reinkultur gezüchtete *Spirillum* (*Microspira*) *desulfuricans* tätig, welches anaërob lebt. Weiter gehören hierher nach Nadsons (1903) Angaben *Bacillus mycoides* Flügge und *Bacterium vulgare* Lehm. et Neum., die bei Gegenwart von Methan — welches in unserem Falle bei der Cellulosegärung ja stets reichlich gebildet wird — die Sulfate unter Entbindung von H_2S anaërob wieder in Karbonate verwandeln nach der Formel:

$$CaSO_4 + CH_4 = CaCO_3 + H_2S + H_2O$$

Besonders reich an Karbonaten und Sulfaten ist der Schlamm



am Grunde von *Characeen*-Teichen: enthalten doch die starren Stengel von *Chara aspera*, *Ch. foetida*, *Ch. hispida* usw. sehr beträchtliche Mengen von kohlensaurem und schwefelsaurem Kalk. Der auffallend starke Geruch nach H_2S, den gerade dieser Schlamm entbindet, dürfte zu einem großen Teil auf der Tätigkeit der sulfatreduzierenden Bakterien beruhen.

In folgendem soll nun der Versuch gemacht werden, jene sapropelischen Bakterien und bakterienartigen Organismen aufzuzählen, welche sich auch rein morphologisch charakterisieren lassen. Die größte Schwierigkeit hierbei bietet die systematische Anordnung: treten uns doch hier, wie bereits bemerkt, eine ganze Anzahl Formen entgegen, die derart vom gewohnten Typus der Bakterien abweichen, daß sie im Rahmen des jetzigen Systems kaum unterzubringen sind. Dazu kommen Formen wie die Familie der *Chlorobacteriaceen*, welche Merkmale der Cyanophyceen und Bakterien vereinen, während andere wie die Gattungen *Pelosphaera*, *Thiophysa* und *Thiovulum* zu den Flagellaten überleiten. Alles das trägt dazu bei, daß die hier befolgte Anordnung nur eine mehr oder weniger provisorische sein kann.

A. Eubakterien.

Die Zahl der kleinen und kleinsten Bakterien ist im Faulschlamm eine recht beträchtliche, erreicht aber hier doch kaum jemals das reiche Gewimmel, wie man es so oft im organischen Abwasserschlamm beobachtet. Es dürfte sich dabei meist um mehr oder weniger anaërobe Arten handeln, die aber erst durch Reinkulturen genauer auseinander gehalten werden könnten.

Warming hat 1876 aus dem Faulschlamm dänischer Küsten eine ganze Reihe z. T. recht vielgestaltiger Bakterien beschrieben, welche bei erneuter Untersuchung sich wohl vielfach als Sammelarten erweisen werden. Ich habe im Faulschlamm des Süßwassers eine Anzahl von Formen gefunden, die mit den von Warming als *Bacterium griseum* Warming, *B. litoreum* Warming, *B. lineola* (Müller) Cohn, *Spirillum tenue* Ehrb., *S. volutans* Ehrb. beschriebenen Arten weitgehende Ähnlichkeit besaßen, ohne daß ich jedoch aus naheliegenden Gründen für die *Bacterium*-Arten die völlige Identität behaupten könnte. Ein gewisses morphologisches Interesse bot weiterhin eine etwa 1 μ dicke fädige Bakterienform, die in Mehrzahl zu über 100 μ langen seilartigen aber ziemlich straffen Bündeln zusammengedreht erschien.

B. Bakterien mit Pseudovakuolen.

Gatt. **Pelonema** nov. gen.

Zellen im Innern mit Pseudovakuolen, zu Fäden vereint. Fäden ziemlich straff bis starr, oft sehr lang, dünn, bewegungslos.

Pelonema tenue nov. spec. Taf. III, Fig. 1.

Zellen im Innern mit einer einzigen, fast die ganze Zelle erfüllenden, unregelmäßig begrenzten schwach lichtbrechenden Pseudovakuole. Länge der Zellen 8—12 μ, Breite 2 μ. Faden bis 300 μ lang.

Pelonema pseudovacuolatum nov. spec. Taf. III, Fig. 2.

Zellen im Innern mit scharf begrenzten stark lichtbrechenden unregelmäßigen Pseudovakuolen. Länge der Zellen 4 μ, Breite 2 μ. Fäden bis über 500 μ lang.

Pelonema (?) **spirale** nov. spec. Taf. III, Fig. 3.

Fäden locker spiralig gedreht, im Innern mit zahlreichen kleinen Pseudovakuolen. Fäden 40—160 μ lang, 1—1,5 μ dick; Abstand der Windungen 8—14 μ.

Alle Arten nicht selten im faulenden Schlamm von *Characeen*-Teichen. In der Rheinebene an allen geeigneten Lokalitäten, besonders zahlreich bei Maudach.

Unter dem Namen *Pelonema* fasse ich eine Anzahl Fadenbakterien zusammen, die besonders durch die Struktur ihrer Zellen charakterisiert sind. Dieselben sind nicht gleichmäßig mit Plasma erfüllt, sondern in eigentümlicher Weise zerklüftet, so daß vakuolenartige Räume entstehen, die bald fast den ganzen Zellraum erfüllen, wie bei *P. tenue*, bald auf kleine unregelmäßig begrenzte Partien beschränkt sind, wie bei *P. pseudovacuolatum*. Im Leben heben sich diese Gebilde durch einen rötlichen Glanz scharf von dem bläulichweiß schimmernden Zellplasma ab.

Es handelt sich hier jedenfalls um dieselben Zelleinschlüsse, die schon früher bei planktonischen Cyanophyceen, dann bei Purpurbakterien als „Gasvakuolen" oder als „Schwebekörper" (Airosomen Molisch) beschrieben worden sind und die gerade bei sapropelischen Bakterien und Cyanophyceen mit besonderer Deutlichkeit in Erscheinung treten. Näheres über diese Gebilde wird der 3. Abschnitt dieser Arbeit bringen.

Die Zugehörigkeit von *P. spirale* zur Gattung bleibt noch etwas zweifelhaft, da diese Art durch die spiralige Drehung der Fäden sowie die Undeutlichkeit der Zellgrenzen in einem gewissen Gegensatz zu *P. tenue* und *P. pseudovacuolatum* steht.

Gatt. **Peloploca** LAUTERBORN.

Fadenförmige starre Zellfäden, in paralleler Lagerung zu Bündeln und Bändern zusammenschließend. Zellen mit Pseudovakuolen. Bewegungslos.

Peloploca undulata LAUTERBORN 1913, S. 99. — Taf. III, Fig. 4—5.

Zellfäden schwach spiralig gewunden, zu einem wellenförmig gebogenen parallel gestreiften Fadenbündel zusammenschließend. Zellen 6—10 μ lang, Bündel 60—150 μ lang.

Peloploca taeniata LAUTERBORN 1913, S. 99. — Taf. III, Fig. 6—7.

Zellfäden zu ziemlich breiten, bisweilen gedrehten Bändern vereint, die durch die Pseudovakuolen der Einzelzellen wie gegittert erscheinen. Zellen 3—4 μ lang, Bänder bis über 700 μ lang.

Im faulenden Schlamm von *Characeen*-Teichen der Rheinebene durchaus nicht selten. Sicher weiter verbreitet, aber wohl wegen der Ähnlichkeit mit mazerierten pflanzlichen Gefäßen bisher übersehen.

Die Gattung *Peloploca* stellt durch die bündel- oder bandförmigen Verbände parallel gerichteter starrer Fäden einen eigenartigen Typus der Bakterien dar. Die Breite der Bündel und Bänder wechselt je nach der Zahl der Fäden, ebenso ist die Länge der Fäden in den einzelnen Verbänden verschieden, so daß die freien Enden derselben meist mehr oder weniger aufgefasert erscheinen. An den vorspringenden Fadenenden ist der Bau der Zellen am besten zu erkennen: die Zellwand ist deutlich doppelt konturiert und von einem dünnen plasmatischen Wandbelag ausgekleidet, der in unregelmäßig ausgebuchteten Konturen gegen das Zellinnere vorspringt, das von einem vakuolenartigen Hohlraum erfüllt erscheint. Bei *Peloploca undulata* ist die Pseudovakuole meist einheitlich, bei *P. taeniata* dagegen meist durch quere Plasmabrücken in kleinere Räume zerfällt. Wie bei *Pelonema* schimmern die Pseudovakuolen rötlich, während Plasma und Membran bläulichweiß erscheinen.

Die zahlreichen Pseudovakuolen verleihen den bandförmigen flachen Verbänden von *P. taeniata* ein eigentümliches gegittertes und fast glitzerndes Aussehen. Schwieriger ist wegen der größeren Dicke der Bau der Fadenbündel von *P. undulata* zu enträtseln. Bei schwachen Vergrößerungen erscheinen die Verbände sehr deutlich gestreift und zwar macht es den Eindruck als wenn bläulichweiße homogene gewellte Fäden mit pseudovakuolenführenden

granulierten Fadenreihen abwechseln würden. Stärkere Vergrößerungen lassen jedoch erkennen, daß die scheinbar homogenen Fäden nichts anderes sind als die fest aneinander schließenden glatten Membranen der neben und über einander liegenden Zellen.

C. Farblose Schwefelbakterien.

Gatt. Beggiatoa TREVISANI.

Beggiatoa alba TREV. — 1888 WINOGRADSKY, S. 17.

Überall verbreitet, aber meist in einzelnen Fäden. Im Faulschlamm natürlicher Standorte wohl wegen Sauerstoffmangel kaum jemals so häufig wie in Abwässern menschlicher Siedelungen, wo die Fäden oft auf weite Strecken hin die Oberfläche des schwarzen Abwasserschlamms in kreidigweißen spinnwebartigen Filzen überziehen. Oft zusammen mit *B. leptomitiformis*, die mit *B. alba* durch alle Übergänge verbunden erscheint.

Beggiatoa arachnoidea RABENHORST.

Zerstreut und meist einzeln, am häufigsten noch in *Characeen*-Teichen bei Maudach.

Gatt. Thiothrix WINOGRADSKY.

Thiothrix nivea (RABENHORST) WINOGRADSKY 1888, S. 29 (Taf. I, Fig. 1–10).

Nicht selten in seichten Gewässern, am Rande von Tümpeln und Teichen die zerfallenden gebleichten *Characeen*-Stengel mit schneeweisen Rasen überziehend.

Gatt. Thiospirillum WINOGRADSKY.

Thiospirillum agile KOLKWITZ 1909, S. 162.

Anscheinend bereits von OMELIANSKI (1905, S. 231) beobachtet, aber erst von KOLKWITZ benannt. Mehrere Male in *Characeen*-Teichen bei Maudach und zwar in solchen Massen, daß das freie Wasser über dem Faulschlamm milchig getrübt erschien. Die Bewegungen der zarten Spirillen sind sehr lebhaft, wie KOLKWITZ richtig bemerkt, schattenartig hin- und herhuschend; man sieht bei schwachen Vergrößerungen fast nur die perlschnurartig aneinander gereihten Schwefelkörper. Ob diese Art übrigens mit *Th. rufum*, *Th. sanguineum* und ähnlichen rötlichen Formen in ein und derselben Gattung bleiben darf, erscheint mir mehr als zweifelhaft.

Gatt. **Achromatium** SCHEWIAKOFF.

Achromatium oxaliferum SCHEWIAKOFF 1893.

1876 "*Kym* (Keime) af *Beggiatoa mirabilis*" WARMING, S. 59, Taf. X, Fig 2. — 1893 *Achromatium oxaliferum* SCHEWIAKOFF, S. 1—35. — 1897 *Modderula Hartwigi* FRENZEL, S. 801. — 1909 *Hillhousia mirabilis* WEST und GRIFFITHS, S. 398. — 1913 *Hillhousia mirabilis*, *H. palustris* WEST und GRIFFITHS, S. 83—91.

(Taf. III, Fig. 8—11).

Im Jahre 1891 fand ich im Diatomeenschlick des Altrheins bei Neuhofen (zwischen Ludwigshafen und Speyer) einen auffallend großen, mit lichtbrechenden Körpern strotzend erfüllten bakterienartigen Organismus, den ich W. SCHEWIAKOFF zur Bearbeitung überließ. Derselbe hat 1893 den Organismus *Achromatium oxaliferum* genannt und zum Gegenstand einer sehr sorgfältigen Untersuchung gemacht, die besonders auch die chemische Natur der Inhaltskörper aufzuklären suchte. Wenige Jahre später (1897) traf J. FRENZEL *Achromatium* in wenigen Exemplaren im Müggelsee bei Berlin und gab ihm den Namen *Modderula Hartwigi*; ich habe bald darauf (1898) deren Identität mit *Achromatium* festgestellt. Eine nochmalige Neubenennung mußte sich das letztere 1909 durch G. S. WEST und B. M. GRIFFITHS gefallen lassen, die ihm den Namen *Hillhousia mirabilis* verliehen und in ihm ein "giant Sulphur Bacterium" mit peritricher Begeißelung erkennen wollten; schon 1913 sahen sich beide Forscher zur Richtigstellung ihrer seltsamen Auffassung genötigt. Außer diesen haben sich noch MASSART (1901), VIRIEUX (1912, 1913) — dieser besonders eingehend — MOLISCH (1912), LAUTERBORN (1913), mit dem eigenartigen Organismus beschäftigt.

Gesehen, aber nicht als selbständiger Organismus erkannt, wurde *Achromatium* schon längst vor mir und SCHEWIAKOFF, und zwar von F. COHN und E. WARMING (1876), wie namentlich des letzteren sehr klare Abbildungen (Taf. X, Fig. 2) dartun. Beide Forscher fanden unseren Organismus im Faulschlamm des Meeres und hielten ihn für Entwicklungsstadien („Keime" oder "germes") der meist in seiner Gesellschaft vorkommenden marinen *Beggiatoa mirabilis*.

Schon aus diesen Ausführungen geht hervor, daß *Achromatium* ein sehr weit verbreiteter Organismus ist, der wie noch eine ganze Reihe weiterer sapropelischer Schizomyceten sowohl das Süß-

wasser als auch das Meer bewohnt. Nach meinen Beobachtungen tritt *Achromatium* weitaus am zahlreichsten im Schlick und Schlamm kalkreicher Gewässer auf: hier — wie beispielsweise in einigen Tümpeln bei Ludwigshafen sowie in dem versumpften Altrhein bei Eich (nördlich von Worms) — oft in solchen Massen, daß in jeder kleinen Schlammprobe, die man in einem Uhrschälchen sedimentieren läßt, nach kurzer Zeit Tausende und Abertausende von Achromatien sich als grauweisser Belag am Boden des Gefäßes ansammeln, wo sie dann bei ihrer für ein Bakterium ganz ungewöhnlichen Größe schon mit einer einfachen Lupe als Einzelzellen erkannt werden können.

Achromatium führt eine ausgesprochen kryptopelische Lebensweise: es lebt normalerweise im Schlamm und oft noch in ziemlich tiefen Schichten. Dabei besitzt es ein auffallend hohes spezifisches Gewicht. Das zeigt sich schon bei der Beobachtung unter dem Mikroskope, wo bei geneigtem Objekttisch die Zellen der eignen Schwere folgend unaufhaltsam der tiefsten Stelle des Präparates zugleiten. Von einer peritrichen Begeißelung, wie sie West und Griffiths angaben, habe ich niemals etwas wahrnehmen können; sie ist auch bei einem so schweren Organismus höchst unwahrscheinlich. Wahrscheinlich sind die Autoren durch stäbchenförmige Strukturen einer die Zelle umhüllenden Gallertschicht getäuscht worden, die bereits Warming in seiner Fig. 2e angedeutet hat und die ich ebenfalls mehrfach beobachten konnte.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß das hohe spezifische Gewicht von *Achromatium* durch die zahlreichen stark lichtbrechenden Inhaltskörper bedingt wird, welche dichtgedrängt das ganze Zellinnere erfüllen. Durch sorgsame mikrochemische Reaktionen kam Schewiakoff zu dem Resultate, „daß die Inhaltskörper Calcium und zwar höchst wahrscheinlich oxalsaures Calcium enthalten müssen“; weiter vermutet er, „daß die Inhaltskörper aus irgend einem festen, in Wasser löslichen Kohlenhydrate bestehen würden, welches seinerseits das Calciumoxalat in Lösung hielte.“ Auch Virieux (1912, 1913) hat die Natur dieser Einschlüsse richtig erkannt, während West und Griffiths (1909) in ihnen Schwefel “large globules of sulphur probably not pure, but in loose combination with proteid material” sehen wollten.

Strotzend mit diesen Inhaltskörpern erfüllt sind fast alle Achromatien der mehr oberflächlichen Schlammschichten; im Diatomeenschlick des Altrheins von Neuhofen habe ich kaum



jemals andere gesehen. Ein recht verschiedenes Aussehen zeigen dagegen oft Achromatien tieferer Schichten des ausgeprägten Faulschlammes, beispielsweise der Characeentümpel. Hier erscheint — und zwar auch bei beweglichen und sich teilenden Individuen — das Zellinnere durchsetzt von einem sehr weitmaschigen grobschaumigen plasmatischen Gerüstwerk, in dessen Binnenräumen die großen Inhaltskörper entweder völlig verschwunden sind oder nur noch in Gestalt von unregelmäßigen Schollen und scharfkantigen Splittern in den verschiedensten Stadien der Korrosion entgegentreten (unsere Taf. III, Fig. 9, 10, WARMINGS Taf. X, Fig. 2d). In den Knotenpunkten des Maschenwerkes, besonders in dessen peripheren Teilen, lagern daneben noch dunkle stark lichtbrechende Kügelchen, die völlig den entsprechenden Gebilden der *Beggiatoa*-Fäden gleichen, also ebenfalls aus Schwefel bestehen. Niemals fand ich diese Schwefelkügelchen bei Achromatien des Diatomeenschlickes; an ihrer Stelle lagen dort blasse Kügelchen, die Chromatinreaktionen zeigten.

Über die physiologische Bedeutung der großen Inhaltskörper sind wir noch ganz im Unklaren. Der Umstand, daß dieselben im sauerstoffreichen Diatomeenschlick so gut wie immer vorhanden sind, in sauerstoffarmen oder sauerstoffreien Faulschlamm dagegen alle Stufen der Korrosion bis zum völlige Schwunde zeigen, drängt zur Vermutung, daß die Inhaltskörper einen Stoff enthalten, der unter anaëroben Lebensbedingungen intramolekular veratmet werden kann. Die Massenhaftigkeit, in der die Achromatien in kalkhaltigem Faulschlamm oft auftreten, macht es sehr wahrscheinlich, daß diese Organismen auch an den biochemischen Umsetzungen des Faulschlamms in hervorragendem Maße beteiligt sein dürften. Auf alle Fälle wird es sich lohnen, unter diesen Gesichtspunkten die physiologischen Leistungen von *Achromatium* etwas näher zu untersuchen, umsomehr als dieser Organismus eine für Schizomyceten ganz ungewöhnliche Zellgröße erreicht und an geeigneten Standorten leicht in größeren Mengen rein erhalten werden kann.

Zum Schlusse möchte ich noch auf eine interessante Bakterienform hinweisen, die sich meist in Gesellschaft von *Achromatium* findet und die ich wegen ihrer lebhaften Beweglichkeit in meinen Aufzeichnungen bisher als *Achromatium mobile* bezeichnet habe (Taf. III, Fig. 11). Es sind dies gestreckt elliptische, meist etwas gekrümmte Zellen von 20—25 μ Länge und 8—10 μ Breite.

Im Innern fallen neben kleinen Kügelchen stets größere mattglänzende, etwas bläulich schimmernde Inhaltskörper auf, die optisch sehr an die entsprechenden Gebilde von *Achromatium oxaliferum* erinnern und wie diese bisweilen etwas korrodiert oder wie geschrumpft erscheinen. Mehrfach habe ich schon im Leben an einem Pole der Zelle eine einzige Geißel beobachten können. Ganz ähnliche Formen bildet VIRIEUX (1913, S. 274—278, Fig. 14) als „zoospores" oder „spores internes" von *Achromatium oxaliferum* ab und gibt an, deren Austritt aus der Mutterzelle direkt beobachtet zu haben. Mir ist dies niemals geglückt, obwohl ich tausende von Achromatien vor Augen gehabt habe; trotzdem halte ich einen genetischen Zusammenhang beider Formen nicht für ausgeschlossen.

Gatt. **Thiovulum** HINZE.

Thiovulum (Thyophysa?) Mülleri WARMING spec. 1876, S. 363. — ?1786 *Volvox punctum* O. F. MÜLLER, S. 12, (Tab. III, Fig. 1—2). — 1876 *Monas Mülleri* WARMING, S. 363—366, (Taf. X, Fig. 1). — 1900 *Achromatium Mülleri* (WARMING), MIGULA, S. 1038. — 1913 *Monas Mülleri* HINZE, S. 190, (Taf. IX, Fig. 1—12).

(Taf. III, Fig. 12—14.)

Im Jahre 1876 beschrieb E. WARMING aus dem Faulschlamm dänischer Küsten unter dem Namen *Monas Mülleri* einen sehr interessanten schwefelführenden Organismus mit folgenden Worten (Resumé, S. 17—18)[7]:

«Je passe maintenant à deux autres organismes, qui, sous certains rapports, ressemblent, à ces germes [Achromatium] et très-probablement doivent être classés parmi les bactéries. Dans les eaux putrides, salées ou saumâtres, où l'on trouve des *Beggiatoa* etc., j'ai rencontré la forme representée Pl. X, Fig. 1. Ces organismes se tiennent de préférence dans les couches supérieures de l'eau et s'y ébattent avec une extrème vivacité. Si l'on place une goutte d'eau sur le porte-objet, on pourra trouver des centaines de ces organismes, réunis sur un seul point, ou se jouant dans toutes les directions avec une vitesse merveilleuse.

Ils ont forme sphérique ou ovalaire, leur diamètre varie entre 5—6 et 15 μ; il est rare qu'ils soient partout remplis de grains; généralement, ce n'est qu' à l'une de leurs extrémités, et l'autre bout reste claire et hyalin.

---

[7]) Bei der Wichtigkeit der WARMINGschen Beobachtungen und der schweren Zugänglichkeit der Originalarbeit scheint es mir angebracht, hier und bei einigen anderen Formen die Beschreibungen des dänischen Forschers wörtlich wiederzugeben. Wegen Unkenntnis der dänischen Sprache muß ich mich hierbei auf das französische Resumé beschränken.

Parfois ils sont presque entièrement hyalins. Dans la partie hyaline on voit quelquefois comme des cordons de protoplasma. Par leur aspect, leur groupement on disposition (tout contre la péripherie) et l'effet que produisent sur eux les réactifs, ces grains ressemblent beaucoup à ceux de la *Beggiatoa mirabilis*; ils ont un éclat cristallin encore plus prononcé, ils sont d'une couleur blanchâtre tirant sur le bleu d'acier, qui se détache vivement sur leurs bords sombres.»

Mit dieser Schilderung sowie den Abbildungen WARMINGS zeigt ein Organismus, den ich August 1910 über dem schwarzen Faulschlamm der Festungsgräben von Germersheim (Rheinpfalz) fand, eine derart weitgehende Übereinstimmung, daß ich über seine Identität mit *Monas Mülleri* kaum einen Zweifel hegen kann: Zellen kugelig von bläschenförmigem Bau, 13—15 μ im Durchmesser, von einer deutlich doppelt konturierten Membran begrenzt; Zellinneres im Leben fast völlig hyalin, weder Kern noch kontraktile Vakuole sichtbar, bei Fixierung mit Osmiumsäure tritt ein zartes plasmatisches Gerüstwerk hervor. Den auffallendsten Inhaltsbestandteil bilden stark lichtbrechende Kügelchen, die in wechselnder Zahl meist in einer Zellhälfte angehäuft sind und völlig den Schwefelkörpern der *Beggiatoen* gleichen; daneben finden sich noch einige blasse Kügelchen, deren chemische Natur nicht untersucht wurde, da der Organismus schon am zweiten Tag aus den Kulturen verschwand. Von Geißeln ist im Leben nicht das geringste wahrzunehmen, doch deutet die äußerst lebhafte wirbelnde Bewegung auf peritriche Begeißelung hin.

Wiederholt kamen Teilungsstadien zu Gesicht, die völlig den Bildern WARMINGS entsprachen: die Teilung beginnt an der verbreiterten Zelle einseitig und schreitet nach der gegenüberliegenden Zellwand vor (Taf. III, Fig. 13, 14).

In neuerer Zeit ist das Vorkommen von *Monas Mülleri* durch HINZE (1913) auch für den Golf von Neapel gemeldet worden; auch hier bevölkerten die Monaden in großer Zahl das freie Wasser über dem von Beggiatoen durchwucherten schwefelwasserstoffreichen Schlickboden. HINZE, dem ein sehr reiches Material zur Verfügung stand, beschreibt einen „meist an einem Pole liegenden typischen Zellkern" und glaubt trotz der ziemlich negativen Ergebnisse seiner Färbungsversuche der Zelle am vorderen Pole zweifellos eine oder mehrere Geißeln zuschreiben zu dürfen. Wenn HINZE nun aber wegen der typischen Längsteilung, wegen des polaren Baues, der Begeißelung am Vorderende und des bläschenförmigen Kernes *Monas Mülleri* als Flagellate anspricht, „die

mit vollem Recht den Gattungsnamen *Monas* weiterführen kann", so vermag ich dieser Auffassung in keiner Weise beipflichten, vor allem nicht, was die Zugehörigkeit zur Gattung *Monas* anbelangt. Mit der Flagellatengattung *Monas*, wie dieselbe heute von den Protozoënforschern gefaßt wird, hat Warmings *Monas Mülleri* nichts zu tun: die Flagellate *Monas* besitzt einen mehr oder weniger formveränderlichen Körper, eine wohlentwickelte kontraktile Vakuole sowie eine schon im Leben deutlich hervortretende Haupt- und Nebengeißel; die Nahrungsaufnahme erfolgt durchaus animalisch mit Hilfe einer Nahrungsvakuole — alles Eigentümlichkeiten, die *Monas Mülleri* völlig abgehen.

Daraus ergibt sich, daß *Monas Mülleri* einen anderen Gattungsnamen führen muß. Sie *Achromatium Mülleri* zu nennen, wie es Migula (1900) mit einigem Vorbehalt tat, geht nicht an. Bei dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse scheint es mir am einfachsten, die Warmingsche Schwefelmonade der Gattung *Thiovulum* Hinze (oder *Thiophysa* Hinze) einzureihen, mit der sie zweifellos weit engere Verwandtschaft zeigt als mit der Gattung *Monas.*

C. Freibewegliche Schizomyceten ohne Schwefeleinschlüsse.

Die in dieser Gruppe vereinigten Schizomyceten haben die freie Beweglichkeit sowie das Fehlen von Schwefeleinschlüssen miteinander gemeinsam, umfassen sonst aber sehr verschiedenartige Formen; während beispielsweise *Pelosigma* durch die parallele Lagerung der Fäden in mancher Beziehung sich an die Gattung *Peloploca* anschließt, weisen die Gattungen *Pelosphaera, Spirochaeta* und *Spirophis* Anknüpfungspunkte an die Flagellaten auf.

Gatt. **Pelosigma** nov. gen.

Unter dem Namen *Spiromonas Cohnii* hat Warming (1876, Resumé S. 20—21) aus stark faulendem Schlamm der dänischen Küsten einen sehr eigentümlichen bakterienartigen Organismus mit folgenden Worten beschrieben:

«C'est une bactérie élégante à la spirale tournée vers la gauche, au corps aplati comme un ruban, mais quelquefois, paraît-il, un peu anguleux. J'ai vu rarement des exemplaires ayant plus d'un tour et $^1/_4$ de spire; l'helice est allongée, la hauteur est de 6 à 9 fois plus grande que le diamètre: ordinairement de 9—20 μ, tandis que le diamètre est de 1,2—3,5 μ. La largeur du corps — du côté large — est de 1,2—4 μ.

Souvent les bords paraissent plus épais et plus foncés; quelquefois une ou deux stries descendent de long des côtés. Généralement, les bouts sont pointus, mais quelquefois l'un d'eux est large et tronqué, et les stries foncées paraissent émettre un léger prolongement. Les exemplaires ainsi terminés viennent sans aucune doute de se former par division.

Une seule fois j'ai vu moi-même s'opérer cette division; elle se fit subitement, sans avoir été annoncée par une étranglement quelconque.

Le plasma est transparent, de couleur grise, et sans grains. Cet organisme porte quelquefois un cil à une de ses éxtrémités ou aux deux. Il se meut avec une rapidité extraordinaire, sans direction régulière, comme les spirilles, et me semble devoir être rangé dans le genre Spiromonas, établi par Perty . . ., le caractère le plus saillant est l'aplatissement du corps contourné en spiral.»

Diese Schilderung von *Spiromonas Cohnii* paßt nur in einer Reihe von Merkmalen auch auf einen Organismus des Süßwassers, der besonders im Faulschlamm von Characeen-Teichen nur selten vermißt wird. Ich nenne ihn *Pelosigma palustre*: seine Gestalt ist flach bandförmig, mehr oder weniger S-förmig gebogen, vorn verschmälert, hinten verbreitert und öfters wie aufgefasert, deutlich längsgerippt. Die Länge beträgt 20—25 μ.

Ein beträchtlicher Unterschied scheint allerdings zwischen *Pelosigma* und *Spiromonas Cohnii* zu bestehen: die Süßwasserform ist kein Einzelindividuum, sondern ein Verband von Bakterienfäden. Dies tritt besonders deutlich am Hinterende zutage, wo gewöhnlich einzelne Enden der Bakterienfäden etwas vorstehen. Ich zweifle nicht, daß die von Warming erwähnten „prolongements" am Hinterende von *Spiromonas* auf dieselbe Weise zustande kommen, und daß die «stries foncées», welche diese «prolongements» entsenden, nichts anderes sind als die parallel gelagerten Bakterienfäden. Vorn neigen die Fadenenden mehr oder weniger zusammen und erscheinen dann oft etwas schnabelartig vorgezogen.

Während *Spiromonas Cohnii* nach Warming außerordentlich lebhaft ist, zeigt das *Pelosigma* des Süßwassers gewöhnlich langsame, zitternde und schwankende Bewegungen, die mit einer Rotation um die Längsachse verbunden sind; oft liegt es auch lange Zeit völlig still. An den beweglichen Exemplaren habe ich, wie auch Warming wiederholt schon im Leben am schnabelartigen Vorderende eine Geißel wahrnehmen können.

Bisweilen sieht man Exemplare von *Pelosigma*, bei denen sich die Auffaserung am Hinterende entlang der Medianlinie als Spalt weit nach vorn fortsetzt, anscheinend der Beginn einer Längsspaltung des Verbandes. Querteilung ist von Warming einmal im

Leben beobachtet worden; mir ist ein ähnlicher Vorgang, leider auch nur ein einziges Mal, zu Gesicht gekommen.

Die vorstehende Schilderung sowie ein Vergleich zwischen WARMINGS Figuren — besonders dessen Fig. 4c — dürften dartun, daß *Spiromonas Cohnii* und *Pelosigma palustre* einander sehr nahe stehen und aller Wahrscheinlichkeit nach in ein und dieselbe Gattung gehören. Wenn ich nun trotzdem den von WARMING gewählten Gattungsnamen nicht beibehalte, so geschieht dies darum, weil *Spiromonas Cohnii* unmöglich in PERTYS Gattung *Spiromonas* eingereiht werden kann. Letztere wird von ihrem Entdecker (1852, S. 172) folgendermaßen charakterisiert:

„Leib blattartig zusammengedrückt, an beiden Enden abgerundet, um eine ideale Achse der Länge nach gerollt.“ Die Diagnose für die einzige Art *Sp. volubilis* lautet: „Farblos, durchsichtig, glatt, ohne irgend auffallende Differenzierung.“ Diese Beschreibungen passen in keiner Weise auf die WARMINGsche *Spiromonas*, ebensowenig wie PERTYS Abbildungen (Taf. XV, Fig. 8), die den Organismus von der Fläche darstellen[8]). Außerdem ist PERTYS Organismus zweifellos eine Flagellate.

So ergibt sich denn folgende Diagnose der Gattung *Pelosigma* LAUTERBORN 1913:

Farblose ziemlich kurze Bakterienfäden, in mehr oder weniger paralleler Lagerung zu S-förmig gekrümmten flachen Verbänden zusammenschließend. Geißelbewegung.

1. **Pelosigma Cohnii** WARMING spec. 1876, S. 370 (Taf. VII, Fig. 4).

Verbände ziemlich schmal, spindelförmig, an beiden Enden stark verschmälert. Länge 9–20 μ, Breite 1,2–4 μ. Bewegungen sehr lebhaft. Vorkommen: marin, im Faulschlamm der dänischen Küsten.

2. **Pelosigma palustre** LAUTERBORN Taf. III, Fig. 15.

Verbände vorn verschmälert, hinten mehr oder weniger verbreitert und abgestutzt, oft mit unregelmäßig vorstehenden Fadenenden. Länge 20—25 μ, Breite 8—10 μ. Bewegungen meist träge. Vorkommen: Süßwasser, im Faulschlamm besonders von Characeen-Teichen bei Ludwigshafen usw.

---

[8]) Aller Wahrscheinlichkeit ist WARMING zu seinem Vorgehen durch zwei S-förmig gekrümmte, an beiden Enden zugespitzte Figuren PERTYS bewogen worden, die aber meines Erachtens nichts anderes als einen idealen Querschnitt durch den Körper von *Spiromonas* darstellen sollen. Darauf deutet schon deren gleichmäßige Schraffierung hin.

Gatt. Spirophis NÄGLER.

Spirophis minima WARMING spec. — 1876 *Beggiatoa minima* WARMING, S. 356—357, Taf. X, Fig. 10. — 1909 *Spirochaeta (Spirophis) flexibilis* NÄGLER, S. 445—447. — 1913 *Spirobacillus minimus* LAUTERBORN, S. 100. — Taf. III, Fig. 16—17.

Zu den von WARMING entdeckten charakteristischen Organismen des Faulschlammes dänischer Küsten gehört auch folgende unter dem Namen *Beggiatoa minima* beschriebene Bakterienform (Resumé, S. 15):

Beggiatoa minima. Je désigne par ce nom une nouvelle espèce infinement petite, très agile et très flexible, que j'ai assez souvent rencontrée. Les plus longs exemplaires que j'ai vus avaint environ 40 μ de long, et à peu près 1,8—2 μ de grosseur. Leurs articulations affectent la forme des stries fines et transversales, et la hauteur de chacun des articles est tout au plus de la moitié de leur epaisseur; cette espèce est grisâtre comme les bactéries communes; quant aux grains sulfureux, je n'en ai pas trouvé. Je n'ai vu que des exemplaires très flexibles, qui se tordent comme des vers et avancent avec une grande rapidité.»

Zweifellos denselben Organismus fand ich mehrfach auch im faulenden Schlamm am Grunde von Characeenteichen bei Maudach: etwa 1,5—2 μ dicke, bis gegen 100 μ lange Fäden, die an ihrer Oberfläche eine zarte in dicht gedrängten Windungen verlaufende Spiralfibrille erkennen lassen. Die Bewegungen sind außerordentlich lebhaft: wie eine losgelöste Flagellatengeißel peitschen sich die Fäden durch das Wasser, biegen und schlängeln sich wie tastend nach allen Richtungen hin und her, rollen sich wie eine Uhrfeder spiralig ein; nur selten sieht man sie eine kurze Zeit ruhig an einer Stelle.

Es ist ohne weiteres klar, daß ein Organismus von einer derartigen Struktur und Beweglichkeit unmöglich zur Gattung *Beggiatoa* gehören kann. Ich habe ihn darum 1913 zur Gattung *Spirobacillus* CERTES (1889, 1900) gestellt, muß aber gestehen, daß nach dem Studium von ZETTNOWS Arbeit (1903) über *Spirobacillus gigas* CERTES mir diese Zuerteilung jetzt etwas anfechtbar erscheint. Dazu ergab sich weiter noch, daß die 1909 von NÄGLER beschriebene und abgebildete *Spirochaeta flexibilis* durchaus identisch ist mit WARMINGS *Beggiatoa minima* vom Jahre 1876. NÄGLERS Artname hätte nach den Gesetzen der Priorität dem älteren, wenn auch weniger bezeichnenden WARMINGschen zu weichen; als Gattungsname käme *Spirophis* in Betracht, welchen Namen NÄGLER vorgeschlagen hat, wenn seine Form eine eigene

Gattung bilden sollte. Das ist nun nach meiner festen Überzeugung der Fall und so hätten wir denn unseren Organismus in Zukunft *Spirophis minima* zu nennen.

Spirophis verdiente wohl eine eingehende Untersuchung, da sie allem Anschein nach Charaktere der Spirochaeten und Spirillen vereint. Eine Entwicklungsreihe nach dem Schema: *Spirillum*—*Spirobacillus* CERTES (non METSCHNIKOFF) — *Spirophis*—*Spirochaeta* bietet sich ungezwungen ganz von selbst dar und würde die eigentlichen Spirochaeten weit enger an die Schizomyceten angliedern als an die Flagellaten, deren Beziehungen zu den Spirochaeten mir im Gegensatz zu der herrschenden Auffassung wesentlich losere zu sein scheinen.

Gatt. **Spirochaeta** EHRB.

Spirochaeta plicatilis EHRB. 1838. S. 83 (Taf. V, Fig. 10).

Meist mehr einzeln auf der Oberfläche des Faulschlamms, bisweilen auch in abgestorbenen Charazellen. Häufiger auf organischem Abwasserschlamm. Mit ihr traf ich mehrfach eine weitere überaus zarte Art, die bei 60 μ Fadenlänge nur etwa 0,25 μ Fadendicke und 0,25 μ Windungsbreite zeigte. Wahrscheinlich handelte es sich hierbei um eine der von DOBELL (1912) beschriebenen neuen Arten *Sp. fulgurans* oder *Sp. minima*.

Gatt. **Pelosphaera** LAUTERBORN.

Kugelige bis elliptische Bakterienkolonien, aus zahlreichen radiär angeordneten, dicht zusammenschließenden fast keilförmigen Zellen bestehend. Freischwimmend, Bewegungen sehr lebhaft, mit Hilfe von Geißeln.

Pelosphaera rotans LAUTERBORN 1906, S. 197. — Taf. III, Fig. 18—19. — Mit den Charakteren der Gattung. Durchmesser der Kolonien 15—40 μ.

Junge Kolonien farblos, durchsichtig, kugelig, bis elliptisch, die Zellen sehr dicht zusammenschließend[9]) im Zentrum der Kolonie oft einen Hohlraum frei lassend. Ältere Kolonien im Umriß öfter etwas unregelmäßig und in lockererem Zellverband, so daß die freien Zellenden sich etwas verwölben; Färbung bisweilen etwas gelblich. In solchen Verbänden mehrfach größere

[9]) Den Zoologen erinnern derartige Kolonien, von der Oberfläche betrachtet, sehr an die fazettierten Augen gewisser Krebse und Insekten.

Zellen beobachtet, die im Innern ein ziemlich ansehnliches stark lichtbrechendes Gebilde (Spore?) enthielten.

Seit meiner ersten Beschreibung im Jahre 1906 habe ich *Pelosphaera rotans* an fast allen sapropelischen Lokalitäten der Rheinebene mehr oder weniger häufig angetroffen, am zahlreichsten während der kälteren Jahreszeit, in dicht beschatteten Teichen aber auch im Sommer. Die Bewegungen der Kolonien sind sehr lebhaft, gleichmäßig rotierend, wie dies nur durch die Tätigkeit zahlreicher Geißeln möglich ist. Im Leben sowie an mit Osmium usw. fixierten Pelosphaeren war selbst bei Anwendung stärkster Systeme nichts von den einzelnen Geißeln wahrzunehmen; auch bei Färbung mit Anilinfarben trat nur die Gesamtmasse der Geißeln als blasser Saum in Erscheinung.

Im ganzen Bau der Morula-artigen Kolonien sowie in ihren Bewegungen erinnert *Pelosphaera* an gewisse farblose Flagellatenverbände, beispielsweise an losgelöste Kugeln von *Anthophysa*-stöcken. Der Bau der Einzelzellen, vor allem der Mangel eines eigentlichen Kernes, das Fehlen der kontraktilen Vakuolen usw. weist dagegen mit aller Sicherheit auf die Zugehörigkeit zu den Bakterien hin.

E. Rhodobakteriaceen.

Die Purpurbakterien gehören zu den charakteristischsten und dabei auffälligsten Mitgliedern der sapropelischen Lebewelt. Ihre Hauptentfaltung finden sie aber meist nicht im sondern — als lichtempfängliche Organismen — auf dem Schlamm, dessen Oberfläche sie oft weithin mit rötlichen Flecken durchwirken oder faulende Blätter, Stengel von Wasserpflanzen mit pfirsichblütefarbenen Häuten überziehen; frei bewegliche Formen wie die Chromatien erheben sich von hier oft in purpurnen Wolken in das freie Wasser und lassen so kleinere Tümpel manchmal völlig rötlich gefärbt erscheinen. All diese Massenentfaltungen sind — außer an das Vorkommen von Schwefelwasserstoff — so deutlich an das Vorhandensein reichlicher Mengen faulender organischer Substanzen gebunden, daß es auffallen muß, wie ein so erfahrener Forscher wie WINOGRADSKY (1888, S. 53) den fördernden Einfluß organischer Stoffe auf das Wachstum der Purpurbakterien in Abrede stellen konnte. Auch ohne den entsprechenden experimentellen Nachweis, wie ihn MOLISCH (1907) erbracht hat, hätte jede Freilandbeobachtung an einem sapropelischen

Gewässer WINOGRADSKY von der Unhaltbarkeit seiner Auffassung überzeugen müssen.

Indem ich bezüglich der Physiologie und Biologie der Purpurbakterien auf MOLISCHS treffliche Arbeit verweise, gebe ich in folgendem eine kurze Übersicht der hauptsächlichsten von mir im Gebiet der Rheinebene beobachteten Rhodobakterien.

Gatt. **Thiocystis** WINOGRADSKY.

Thiocystis violacea WINOGRADSKY 1888, S. 60—65 (Taf. II, Fig. 1—2).

Im Faulschlamm von Characeen-Teichen bei Maudach nicht selten, besonders während der kälteren Jahreszeit; sehr zahlreich in einer Waldsuhle der Lußhart, eines großen Waldes der Rheinebene. Hier kamen vielfach schwärmende Kolonien zur Beobachtung. Dieselben zeigten alle sehr kompakte Verbände und kugelige bis lappige Umrisse; sie maßen 40—70 μ im Durchmesser, die ovalen Einzelzellen 2—3 μ. Die Bewegung war ein langsames Rollen durch das Wasser.

Gatt. **Lamprocystis** SCHRÖTER.

Lamprocystis roseo-persicina (KÜTZING) SCHRÖTER 1888. — WINOGRADSKY S. 67—71 (Taf. II, Fig. 9—15).

Weitaus die häufigste und verbreitetste aller Purpurbakterien, die sich außer im Faulschlamm auch am Boden vegetationsreicher Teiche und Moore, gelegentlich auch im freien Wasser findet. Ich habe sie zu allen Monaten des Jahres angetroffen. Die Größe und Gestalt der Kolonien ist eine sehr wechselnde: zwischen kleinen kompakt kugeligen Kolonien und hohlen sackförmigen, vielfach gelappten oder netzartig durchbrochenen Verbänden, die mehrere Millimeter Durchmesser erreichen, finden sich alle Übergänge.

Gatt. **Thiopedia** WINOGRADSKY.

Thiopedia rosea WINOGRADSKY 1888, S. 85—86 (Taf. III, Fig. 18).

Meist in kleinen tafelförmigen Verbänden, ziemlich verbreitet, aber gewöhnlich nur einzeln. So in den Characeen-Teichen bei Maudach und in einem Waldteich bei Neuhofen.

Gatt. **Amoebobacter** WINOGRADSKY.

Amoebobacter bacillosus WINOGRADSKY 1888, S. 71—78 (Taf. III, Fig. 1—6).

Die Kolonien dieser durch gestreckte fast hautartig zusammenschließende Zellen ausgezeichnete Art habe ich bis jetzt fast ausschließlich in einem mit *Lemna* übergrünten Waldteich bei Neuhofen gefunden, hier aber regelmäßig während der ganzen kälteren Jahreszeit. Von den kontraktilen Plasmafäden, welche nach WINOGRADSKY die einzelnen Zellen miteinander verbinden und so amoeboide Gestaltsveränderungen der ganzen Kolonie bewirken sollen, habe ich weder im Leben noch an fixiertem Materiale jemals etwas beobachten können.

Gatt. **Thiodictyon** WINOGRADSKY.

Thiodictyon elegans WINOGRADSKY 1888, S. 80—82 (Taf. III, Fig. 13—17).

Eine sehr zierliche Form, die ihren Artnamen durchaus verdient. Verbreitet aber nicht häufig in den Tümpeln und Teichen bei Ludwigshafen, Maudach, Neuhofen.

Gatt. **Chromatium** PERTY.

Chromatium Okenii (EHRB.) PERTY. — WINOGRADSKY 1888, S. 97—98 (Taf. IV, Fig. 3—4).

Die häufigste freibewegliche Purpurbakterie; im organischen Schlamm recht verschiedenartiger Gewässer das ganze Jahr hindurch verbreitet. Massenentfaltungen treten, wie schon FÖRSTER (1892) berichtete, bei dieser Art auch gerne im Sommer auf, so beispielsweise bei Ludwigshafen früher regelmäßig in alten Lehmgruben, deren Boden mit toten Charen und abgestorbenen Algenwatten bedeckt war: hier bildeten die Chromatien oft bis ½ qm messende purpurfarbene Ansammlungen auf und über dem Teichgrund. FÖRSTERS Beobachtungen über zeitweilige Verbindungen zweier *Chromatium*-Zellen durch plasmatische vom Zentralkörper ausgehende Verbindungsbrücken, verdienten weitergehende Beachtung, da es sich hier um sehr eigenartige Konjugationszustände handeln könnte.

Chromatium Weissei[10]) PERTY gehört sicher in den Formenkreis von *Chr. Okenii*, mit dem es, wie WINOGRADSKY schon berichtete, durch alle Übergänge verbunden ist. Weitere Übergangsformen gibt STRZESJEWSKY (1913) auf Grund zahlreicher Messungen

[10]) Da die Form nach dem Infusorien- und Rädertierforscher J. F. WEISSE benannt ist, ist die allgemein übliche Schreibweise *Ch. Weissii* unrichtig.

zwischen *Ch. Weissei* und *Ch. minus* WINOGRADSKY an. Auch ich habe wiederholt Chromatien gefunden, die in ihren Größenverhältnissen durchaus die Mitte zwischen beiden genannten Arten hielten.

Chromatium vinosum (EHRB.) WINOGRADSKY 1888, S. 94—100 (Taf. IV, Fig. 6—7).

Meist in Gesellschaft von *Ch. Okenii* und an allen Fundorten ziemlich zahlreich.

Chromatium minutissimum WINOGRADSKY.

In den Characeen-Teichen bei Maudach nicht selten, aber unter den Massen anderer Schwefelbakterien leicht zu übersehen.

Gatt. **Rhabdochromatium** WINOGRADSKY.

Rhabdochromatium roseum WINOGRADSKY 1888, S. 100—101 (Taf. IV, Fig. 9—11).

Sicherlich eine wohlbegründete Gattung und Art und keineswegs nur eine „Involutionsform" von Chromatium wie NADSON annehmen möchte. Meist ziemlich vereinzelt; früher einige Male zahlreich in ganz kleinen Schilftümpeln bei Ludwigshafen. Scheint sich in den Kulturen weniger gut zu halten als die anderen freibeweglichen Purpurbakterien.

Gatt. **Thiospirillum** WINOGRADSKY.

Thiospirillum sanguineum WINOGRADSKY 1888, S. 104.

Häufig auch im Schlamm, an allen untersuchten sapropelischen Lokalitäten. Die Intensität der Färbung ist ziemlich beträchtlichen Schwankungen unterworfen: an manchen Individuen erscheint die rote Färbung kaum angedeutet.

Gatt. **Pelochromatium** LAUTERBORN.

Tonnenförmige Verbände von Purpurbakterien, aus gestreckt elliptischen, meist etwas gebogenen Zellen bestehend, die in lockeren (etwa 5) etwas unregelmäßigen Längsreihen mantelförmig einen farblosen zentralen Körper umschließen. Beweglich. Vermehrung durch Querteilung.

Pelochromatium roseum LAUTERBORN 1913, S. 99. — Taf. III, Fig. 28.

Mit den Charakteren der Gattung. Länge der Verbände 4—7,5 μ, Breite 2,5—3,75 μ.

Vorkommen. Im Characeen-Schlamm eines tiefen klaren von Quellen gespeisten offenen Rheinaltwassers bei Ottenheim (zwischen Kehl und Breisach), sowie an einer ganz ähnlich beschaffenen Bucht der Moder bei Fort Louis (Elsaß).

Die Gattung *Pelochromatium* stellt einen sehr eigenartigen Typus der Koloniebildung bei freischwimmenden Purpurbakterien dar und bildet in Bau und Anordnung der Zellen die rötlich gefärbte Parallelform zu dem gelbgrünen *Chlorochromatium aggregatum* LAUTERBORN.

Ob auch hier, wie dies BUDER (1914) für *Chlorochromatium* gezeigt hat, als Träger für die gefärbten Elemente ein farbloser begeißelter bakterienartiger Organismus in Frage kommt, müssen weitere Untersuchungen lehren.

F. Chlorobakteriaceen.

Der Faulschlamm schwefelwasserstoffreicher Gewässer zeigt unter dem Mikroskope zwischen den rötlichen Massen der Purpurbakterien, den blaugrünen Filzen der Cyanophyceen vielfach auch Wucherungen gelbgrün gefärbter Organismen, die bald als schleimige Ansammlungen bakterienartiger Stäbchen oder locker gewundener kurzer Fäden, bald als netzartig durchbrochene Kolonien oder schließlich auch als freischwärmende Verbände in Erscheinung treten.

Schon WINOGRADSKY (1888, S. 44) hat diese Organismen beobachtet und als grüne Bakterien angesprochen. Auch NADSON (1906) hat wohl hierher gehörige Formen (*Chlorobium*) beschrieben und als Zwischenformen zwischen Chlorophyceen und Bakterien aufgefaßt. Ob ENGELMANNS (1882) *Bacterium chlorinum* hier einzureihen ist, bleibt fraglich; es soll Chlorophyll enthalten. Dasselbe gilt von den „Bacteriacées vertes" DANGEARDS (1890, 1893), doch blieben mir die Arbeiten des französischen Forschers unzugänglich. VAN TIEGHEMS (1880) *Bacillus virens*, der zwischen Grünalgen (*Spirogyra*) vorkommen und grün bis hellgrün gefärbt ist, soll farblose Sporen bilden.

Auch SCHMIDLE (1901), SZAFER (1910), STRZESZEWSKY (1913) haben Chlorobakterien vor sich gehabt, reihten sie aber den Cyanophyceen ein und beschrieben Vertreter von ihnen als Angehörige der Gattung *Aphanothece*.

Aus diesem flüchtigen Überblick geht schon hervor, daß es sich hier um Organismen handelt, die eine ganz eigenartige

Zwischenstellung zwischen Bakterien und Algen einnehmen und die man in der Tat je nach dem Standpunkt entweder als bakterienartige Cyanophyceen oder als grüne Bakterien auffassen kann. Wenn ich nun diese gelbgrünen Organismen 1913 als Chlorobakteriaceen zusammenfaßte und sie als eine den Rhodobakteriaceen durchaus gleichwertige Familie direkt den Schizomyceten anschloß, so war mir hierbei vor allem der Bau der Zelle sowie die Art und Weise der Koloniebildung maßgebend, die weit mehr an entsprechende Verhältnisse bei den Purpurbakterien als an diejenigen typischer Cyanophyceen erinnern.

Das zunächst augenfälligste Merkmal der Chlorobakterien ist deren im durchfallenden Lichte gelbgrüne, im auffallenden Lichte schmutzig grüne bisweilen irisierende Färbung. Der Bau der Zellen zeigt bei allen hierher gehörigen Formen weitgehende Übereinstimmung. Die Zellen sind stets sehr klein, von Gestalt meist elliptisch, bisweilen auch fast kugelig, oder stäbchenförmig. Der Farbstoff scheint hauptsächlich in der Rindenschicht lokalisiert zu sein, die darum auch stets dunkler hervortritt, während das Zellinnere heller, fast vakuolenartig erscheint und öfter durch einige sehr zarte quere Plasmastränge in kleinere Binnenräume zerfällt wird — alles in allem also ein Zellbau, wie wir ihn auch bei zahlreichen Rhodobakterien antreffen. Nur Schwefeleinschlüsse wurden bei den Chlorobakterien bisher vermißt.

Für die Bewertung der systematischen Stellung der Chlorobakterien ist es von Bedeutung, daß dieselben eine Anzahl Gattungen aufweisen, die im wesentlichen nur durch die Farbe unterschiedene Parallelformen zu den Rhodobakterien darstellen: die Gattungen *Schmidlea*, *Pelodictyon*, *Chlorochromatium* sind, was Bau und Anordnung der Zellverbände anbelangt, nach jeder Richtung hin die gelbgrün gefärbten Gegenbilder der Purpurbakteriengattungen *Lamprocystis*, *Thiodictyon*, *Pelochromatium*.

Beziehungen der Chlorobakterien zu den Cyanophyceen sind ebenfalls vorhanden. Sie scheinen besonders durch gewisse gelbgrün gefärbte Formen der letzteren wie *Oscillatoria Lauterbornii*, *O. putrida* usw. angedeutet, wobei ich allerdings meine Zweifel nicht unterdrücken kann, ob diese gelbgrün gefärbte Fäden alle wirklich „echte“ Oscillarien sind. Eine sichere Entscheidung dürfte wohl eine mikrochemische und spektroskopische Untersuchung des Farbstoffes ergeben, die hoffentlich nicht lange ausstehen wird.

Parallelformen der Bakterien, Schwefelbakterien, Purpur- und Chlorobakterien, Cyanophyceen.

Morphologische Grundform	Farblos (Eubakterien und Schwefelbakterien)	Purpurn (Purpurbakterien)	Gelbgrün (Chlorobakterien)	Blaugrün (Cyanophyceen)	Grün (Chlorophyceen, Flagellaten)
Einzelzellen	*Bacterium, Bacillus, Achromatium*	*Chromatium*	*Chlorobacterium*	*Synechococcus*	Zahlreiche Formen
Einfache Fäden	*Beggiatoa*	—	*Oscillatoria chlorina* *O. Lauterbornii* *O. putrida*	*Oscillatoria* s. str.	Fadenalgen
Spiralfäden	*Spirulina albicans*	—	*Spirulina flavovirens*	*Spirulina* s. str.	—
Perlschnurartige Fäden	*Streptococcus*	(*Rhodonostoc*?)	—	*Anabaena* etc.	*Radiofilum*?
Fadenbündel in gemeinsamer Gallertscheide	*Thioploca*	—	—	*Hydrocoleum* *Microcoleus*	—
Zellhaufen in gemeinsamer Gallerte	*Ascococcus*	*Lamprocystis*	*Pelogloea*, *Schmidlea*	*Clathrocystis*	*Palmella*
Tafelförmige Zellverbände	*Lampropedia hyalina*	*Thiopedia rosea*	—	*Merismopedia*	*Staurogenia*
Paketförmige Zellverbände	*Sarcina*	*Thiosarcina*	—	—	*Pleurococcus*? *Chlorosarcina*?
Netzartig durchbrochene Zellverbände	—	*Thiodictyon*	*Pelodictyon*	—	*Hydrodictyon*
Freischwärmende tonnenförmig zusammenschließende Zellverbände	—	*Pelochromatium*	*Chlorochromatium*	—	—

In der Tabelle auf S. 427 habe ich versucht, eine Anzahl auffallender „Parallelformen“ der farblosen, purpurnen, gelbgrünen und blaugrünen Schizophyten übersichtlich gegenüber zu stellen. Daß diese hauptsächlich durch ihre Färbung verschiedenen Wiederholungen bestimmter morphologischer Grundformen in allen Fällen nur auf Konvergenz beruhen sollten, erscheint mir mehr als zweifelhaft. Trotzdem unser ganzes jetziges System der Schizophyten die Verschiedenheit der Färbung in weitgehendem Maße zur Abgrenzung der einzelnen Kategorien heranzieht, halte ich es durchaus nicht für unwahrscheinlich, daß manche der hier gebrachten horizontalen Reihen auch wirkliche genetische Zusammenhänge zum Ausdruck bringen, zum mindesten soweit es sich um die eigentlichen Schizophyten handelt. Weit loser scheinen die Beziehungen zu den rein chlorophyllgrünen Algen sein, die gewissermaßen nur als Anhang zum Vergleich in die Tabelle aufgenommen sind.

In bezug auf ihr Vorkommen dürften die Chlorobakterien wohl ebenso weit verbreitet sein, als die Rhodobakterien, nur fallen sie, wo sie nicht gerade in Massenentfaltung auftreten, dem oberflächlichen Blicke weit weniger auf als die letzteren. Im allgemeinen erscheinen sie noch mehr als die Purpurbakterien an das Vorhandensein reichlicher Mengen von Schwefelwasserstoff gebunden und gehören darum auch mit zu den charakteristischsten Organismen natürlicher Schwefelquellen: in Galizien fanden Szafer (1910) und Strzeszewsky (1913) die Chlorobakterien besonders üppig in denjenigen Bezirken der Quellen entwickelt, die (nach den Angaben des letztgenannten Forschers) 1 g H_2S auf 10000 g Wasser enthielten; wo der H_2S-Gehalt auf etwa 0,4 g sank, verschwanden die gelbgrünen Bakterien, während die Purpurbakterien noch massenhaft vorhanden waren. Sonst finden sich die Chlorobakterien am regelmäßigsten im Schlamm von Characeen-Teichen, der, wie früher bereits gezeigt, besonders reich an Schwefelwasserstoff sowie an Sulfaten ist; weiter in Gräben mit abgestorbenen Lemna-Rasen, in Teichen und Tümpeln mit faulenden Laubmassen am Grunde — allenthalben aber erst in einer gewissen Tiefe (etwa 0,5—1,5 m) und kaum jemals am seichten stark belichteten Rande der Gewässer, wo Schwefelbakterien (*Thiothrix*, *Lamprocystis*) noch üppig gedeihen. Im Abwasserschlamm habe ich die Familie bis jetzt völlig vermißt. Die Zeit des häufigsten Vorkommens der Chlorobakterien ist die kühlere Jahreszeit, ganz besonders der

Vorfrühling; die Massenentfaltung von *Pelogloea* fand ich hauptsächlich in den Monaten Februar bis April, später verschwinden diese Formen mehr und mehr.

In folgendem gebe ich nun eine systematische Übersicht der mir bekannten Gattungen und Arten der Chlorobakterien, soweit eine solche nach rein morphologischen Merkmalen durchführbar erscheint. Denn so leicht sich die vorgeführten Formen in typischer Ausbildung von einander unterscheiden lassen, kommen doch bisweilen gewisse Entwicklungsstadien vor, die einer eindeutigen Zuerteilung zu einer bestimmten Gattung und Art Schwierigkeiten bereiten. Wie bei so vielen anderen Mikroorganismen werden auch hier erst Reinkulturen die Abgrenzung der einzelnen Formenkreise sicherstellen.

Gatt. **Chlorobacterium** nov. gen.

Einzelstäbchen von gelbgrüner Farbe, oft etwas gekrümmt, bewegungslos.

Chlorobacterium symbioticum nov. spec. (Taf. III, Fig. 34—36).

Zellen 2—3 μ lang, dicht gedrängt in einer Schicht senkrecht angeordnet, die gallertige Oberfläche von Amoeba und farblosen Flagellaten wie mit einem grünlichen Mantel umhüllend.

Die vorliegende Art habe ich bis jetzt nur in einer Art Symbiose mit *Amoeba chlorochlamys* sowie einer farblosen Flagellate beobachtet, worüber die systematische Behandlung der sapropelischen Rhizopoden Näheres bringen wird. Nicht selten in einem Graben bei Bobenheim, vereinzelt auch in Teichen und Tümpeln bei Maudach sowie Rheingönnheim.

Gatt. **Schmidlea** Lauterborn 1913.

Zellen sehr klein, elliptisch bis fast kokkenartig, dicht gedrängt in großer Zahl zu wolkenartigen, außen scharf begrenzten rundlichen ovalen bis vielfach gelappten gallertigen Verbänden vereinigt.

Schmidlea luteola Schmidle spec. (*Aphanothece luteola* Schmidle 1901, S. 129—180). — Tafel III. Fig. 29.

Mit den Charakteren der Gattung. Zellen 1,5—2,5 μ lang, 1—1,5 μ breit. Durchmesser der Kolonien 30—300 μ.

Die vorliegende Art wurde 1896 von mir auf dem Faulschlamm einer alten Lehmgrube bei Ludwigshafen entdeckt und von Schmidle (1901) als *Aphanothece luteola* kurz beschrieben.

Später fand ich sie an allen untersuchten sapropelischen Lokalitäten der Rheinebene als eine der häufigeren Formen.

Größe und Gestalt der Kolonien sind sehr wechselnd: von etwa 30 μ messender tropfenartig rundlichen Zellansammlungen finden sich alle Übergänge bis zu 0,3 mm großen vielfach gelappten Kolonien, die im Innern oft helle vakuolenartige Räume umschließen[11]). Die gemeinsame Gallerte, die, wie Beobachtungen in Tuscheemulsion zeigen, nur wenig über den scharf begrenzten Bereich der Zellansammlungen hinausgreift, zerfließt weniger leicht als bei der Gattung *Pelogloea*, ist aber doch noch ziemlich weich und nachgiebig, da kleine farblose Flagellaten sowie Infusorien leicht ihren Weg durch dieselbe bahnen.

Gatt. **Pelogloea** LAUTERBORN.

Zellen in Gestalt von Kurz- und Langstäbchen, bisweilen kettenartig aneinander gereiht, in sehr großer Zahl in unregelmäßige leicht zerfließende Gallertmassen eingebettet.

Pelogloea bacillifera nov. spec. Taf. III, Fig. 30—31.

Zellen in Gestalt kurzer, an den Enden abgerundeter Einzelstäbchen. Länge der Zellen 2—4 μ, Breite 1,5 μ. Kolonien bis über 1 mm groß.

Pelogloea chlorina LAUTERBORN 1913, S. 99 — Taf. III, Fig. 32

Zellen in Gestalt längerer an den Enden etwas abgestutzter Stäbchen, meist zu gebogenen Ketten vereint, die locker durcheinander gewunden, die gemeinsame Gallerte durchsetzen. Länge der Zellen 3—8 μ, Breite 1 μ. Kolonien bis 1 mm groß.

Die Zellen von *P. bacillifera* zeigen, wie die Abbildung erkennen läßt, im Innern kleine durch vorspringende Plasmabrücken begrenzte vakuolenartige Räume, die besonders an den Zellenden öfters schärfer hervortreten und dann an die sog. „Pseudovakuolen" erinnern; bei *P. chlorina* erscheinen diese Strukturen weniger deutlich ausgeprägt. Die Teilung der Zellen erfolgt wie bei allen Chlorobakterien durch eine stetig fortschreitende ringförmige Einschnürung in der Mitte: während sich dann bei *P. bacillifera* die Teilhälften meist bald trennen, bleiben sie bei *P. chlorina* gewöhnlich vereint und bilden mehr oder weniger lange kettenartige Fäden.

---

[11]) In älteren Kulturen sah ich diese gallerterfüllten vakuolenartigen Räume öfter so mächtig entwickelt, daß blasen- bis sackförmige, nach außen nur von e i n e r Bakterienschicht umschlossene Kolonien zu Stande kamen.

Die gemeinsame Gallertmasse, welche die Zellen umgibt, ist recht unregelmäßig begrenzt. Sie erreicht oft ziemlich beträchtliche Dimensionen und umschließt dann Hunderttausende von Zellen. Bei *P. bacillifera* breitet sich die Gallerte gern mehr oder weniger flächenhaft aus, wobei sich die peripheren Partien oft lappen- oder strangförmig ausziehen, namentlich am Rande verwesender Pflanzenreste entlang; hier sieht man dann auch entsprechend der Zugrichtung die Einzelzellen in annähernd parallelen Zügen angeordnet. Die Konsistenz der Gallerte muß eine sehr lockere sein. Das geht schon daraus hervor, daß sie gewöhnlich mit förmlichen Nestern von Purpurbakterien, traubig gehäuften Kolonien von *Chlorochromatium*, Cysten von Algen und Flagellaten usw. reichlich durchsetzt ist, neben denen Flagellaten und auch Infusorien anscheinend fast mühelos dahingleiten. Beim Übertragen des frischen Materials in die Kulturgläser zerfließt die Gallerte – namentlich diejenige von *P. bacillifera* — sehr leicht, so daß das über dem Schlamm stehende Wasser durch die frei gewordenen Zellen eine zeitlang schmutzig grün gefärbt erscheint.

Der Hauptfundort für *Pelogloea* in meinem Gebiete ist ein von Gebüsch umgebener schilfbestandener Teich bei Rheingönnheim (südwestlich von Ludwigshafen), wo die Chlorobakterien die am Grunde faulenden Blätter im Vorfrühling mit einem schleimig-schmierigen schmutzig grünen Belag dicht überziehen; im Sommer habe ich hier meist völlig vergeblich nach diesen interessanten Organismen gesucht. Recht häufig ist *Peloglœa* auch an den tieferen Stellen eines Feldgrabens bei Bobenheim (südlich von Worms), hier meistens in Gesellschaft von *Pelodictyon*; an den übrigen Fundorten traf ich sie fast stets nur vereinzelt an.

Gatt. **Pelodictyon** Lauterborn.

Zellen stäbchenförmig, meist nach allen Richtungen des Raumes zu netzförmig durchbrochenen Verbänden ziemlich weitmaschig zusammenschließend.

Pelodictyon clathratiforme Szafer spec. (*Aphanothece clathratiformis* Szafer, S. 162—163, Taf. VI, Fig. 5). — Taf. III, Fig. 32.

Mit den Charakteren der Gattung. Zellen 3—6 μ lang, 1—1,5 μ breit. Kolonien bis 180 μ lang, 90 μ breit; Maschen 8—12 μ weit.

Pelodictyon findet sich an fast allen sapropelischen Lokalitäten der Rheinebene, meist einzeln. Zahlreicher und in besonders

großen Kolonien traf ich es in einem Graben bei Bobenheim (südlich von Worms), dessen tiefere Stellen mit faulenden Massen von *Lemna trisulca* erfüllt waren.

Die Kolonien von *Pelodictyon* zeigen in ihrem Aufbau eine weitgehende Ähnlichkeit mit denjenigen der Purpurbakterie *Thiodictyon* sowie der Chlorophycee *Hydrodictyon*. In typischer Ausprägung bilden die Zellen ein zierliches Netzwerk mit unregelmäßigen eckig begrenzten Maschen. Die Weite der letzteren wird vielfach von der Länge der sie umschließenden Zellen bestimmt: Kurzstäbchen vom Habitus der *Pelogloea bacillifera* bilden engmaschige, Langstäbchen vom Habitus der *P. chlorina* weitmaschige Netze. Dieser Umstand legte die Frage nahe, ob *Pelodictyon* nicht auch als eine besondere Wuchsform von *Pelogloea* aufgefaßt werden könnte, umsomehr als man auch nicht selten Ansammlungen dunkel gelbgrün gefärbter Bakterien findet, die in der Aneinanderlagerung der Einzelzellen die Mitte zwischen beiden Gattungen zu halten scheinen. Eine derartige Auffassung würde allerdings einen Pleomorphismus dieser bakterienartigen Organismen voraussetzen, wie er für die Purpurbakterien früher von Zopf (1882) vertreten, von der Mehrzahl der späteren Forscher, ganz besonders von Winogradsky (1888) aber abgelehnt worden ist. Die endgültige Entscheidung werden auch hier nur Reinkulturen bringen können.

Gatt. **Chlorochromatium** Lauterborn.

Chlorochromatium aggregatum Lauterborn 1906. — 1914 *Chloronium mirabile* Buder, S. 80, Taf. XXIV. — Tafel III. Fig. 37.

Im Jahre 1906 habe ich die erste Beschreibung dieses sehr interessanten Organismus mit folgenden Worten gegeben:

„Gestalt ungefähr elliptisch bis spindel- oder tonnenförmig, an den Enden etwas verschmälert und abgestutzt. Farbe grüngelb wie bei *Oscillatoria chlorina*. Bei schwacher Vergrößerung der Körperrand scheinbar etwas krennliert und dunkler grün gefärbt als die Mitte. Bei sehr starker Vergrößerung erscheint der Organismus zusammengesetzt aus einer Anzahl kleiner gestreckt elliptischer bakterienartiger Körper, welche eine stärker grün gefärbte Rindenschicht und eine hellere zentrale Partie erkennen lassen. Indem diese Körper, in etwas unregelmäßigen lockeren Längsreihen angeordnet, mantelförmig einen axialen farblosen

(wohl gallertigen?) Hohlraum umschließen, kommt das oben geschilderte Aussehen bei schwacher Vergrößerung zustande. Freibeweglich mit Hilfe von Geißeln. — Länge des Organismus: 0,009—0,012 mm, Breite 0,005—0,007 mm.

Vermehrung durch Querteilung: der Organismus streckt sich in die Länge und schnürt sich in der Mitte durch eine Ringfurche quer durch. Auch mehrfach Zerfall in die einzelnen bakterienartigen grünen Körper beobachtet, welche sich selbst wieder quer teilen können. Auf diese Weise kommen unregelmäßige, bisweilen netzartig durchbrochene und dann im Habitus an *Lamprocystis roseo-persicina* erinnernde hellgrüne Kolonien zustande."

In jüngster Zeit wurde *Chlorochromatium* auch von Buder gefunden und ohne Kenntnis meiner Arbeit von 1906 (ebenso derjenigen von 1913) nochmals als *Chloronium mirabile* beschrieben (1914). Die sehr ausführliche Darstellung stimmt, soweit die Beobachtung bei gewöhnlicher Beleuchtung in Frage kommt, im wesentlichen mit meinen Befunden überein[12]). Darüber hinaus ist es aber Buder gelungen mit Hilfe der Dunkelfeldbeleuchtung sowie von Färbungen eine Reihe weiterer interessanter Aufschlüsse zu gewinnen. Während ich dem farblosen axialen Hohlraum eine „wohl gallertige" Beschaffenheit zuschrieb, beschreibt Buder als Träger der grünen Körper einen im Leben völlig durchsichtigen spindenförmigen bakterienartigen Organismus, der eine polare Geißel trägt, welche die Bewegung des ganzen Verbandes bewirkt. Weiter hat Buder auch über den Farbstoff von *Chlorochromatium* einige Beobachtungen angestellt: als eine Komponente des Pigmentes ergab sich mit Sicherheit Chlorophyll, die andere dürfte vielleicht Phycocyan sein; Bakteriochlorin, welches Molisch als grünen Farbstoffkomponenten der Purpurbakterien kennen lehrte, war niemals nachzuweisen.

Auf Grund seiner Befunde sieht Buder in den Chlorochromatien „einen neuen Typus symbiontischer Vereinigung". Diese Auffassung erscheint mir durchaus diskutabel, da ich selbst eine sehr innige Vereinigung von Chlorobakterien mit einem anderen

---

[12]) So regelmäßig gebaute Chlorochromatien, wie sie Buder Taf. XXIV Fig. 1 und 5 abbildet, habe ich niemals beobachtet. Auch sah ich in den bakterienartigen grünen Körpern die Scheidung in eine dunkler gefärbte Rindenschicht und hellere zentrale Partie stets ausgeprägt, während nach Buder der Zellraum „meist ganz homogen" sein soll und nur bisweilen in der Mitte des Stäbchens eine hellere Zone hervortreten läßt.

Organismus beobachtet habe, die kaum anders als Symbiose gedeutet werden kann: ich verweise auf die später folgende Schilderung von *Amoeba chlorochlamys*, wo stäbchenförmige Chlorobakterien dicht gedrängt einen förmlichen Mantel um eine sonst typische Amoebe bilden.

Chlorochromatium aggregatum ist sicherlich sehr weit verbreitet, wird aber schon wegen seiner Kleinheit leicht übersehen. Ich traf es, fast stets in Gesellschaft von Rhodo- und Chlorobakterien, in allen sapropelischen Gewässern der Rheinebene mehr oder weniger zahlreich, aber niemals in eigentlicher Massenfaltung wie etwa *Chromatium*. Die Bewegungen sind ziemlich lebhaft, etwas wackelnd, doch sieht man oft auch Exemplare lange Zeit völlig ruhig daliegen. Wiederholt beobachtete ich eigenartige Ruhezustände, Dutzende bis etwa hundert Chlorochromatien, die traubig gehäuft in förmlichen Nestern die Gallerte von *Pelogloea* usw. durchsetzen.

Mit dieser Übersicht der von mir bis jetzt beobachteten Chlorobakterien ist deren systematischer Bestand noch keineswegs erschöpft. Ich beobachtete einmal unregelmäßig maschig durchbrochene Verbände von Chlorobakterien, die sehr an SZAFERS *Aphanothece sulfurica* erinnerten, nur waren die Zellen nicht kugelig, sondern elliptisch. Aller Wahrscheinlichkeit nach bildet diese Form ebenso wie SZAFERS *Aphanothece parallela* eine eigene Gattung, deren Neubenennung indessen dem Autor überlassen sei.

Möge die Familie der Chlorobakterien bald von berufener Seite eine umfassende Darstellung ihrer Physiologie und Biologie erfahren, wie sie uns in so vorbildlicher Weise MOLISCH für die Purpurbakterien gegeben hat!

2. Cyanophyceen.

Die Cyanophyceen als Ganzes betrachtet dürften wohl die anpassungsfähigste Gruppe unter allen Algen darstellen. Sie fehlen kaum irgend einem Gewässer und besitzen ihre charakteristischen Vertreter ebensogut in den klarsten und reinsten Quellen und Bergbächen wie in den schmutzigsten Teichen und Tümpeln. In diesen letzteren überwiegt bei weitem die Familie der Oscillatoriaceen, von der eine Reihe von Arten wie *Oscillatoria limosa* AG., *O. Froelichii* KÜTZ., *O. princepes* VAUCH. u. a., oft vereint mit Beggiatoen und Purpurbakterien, den Faulschlamm in dichten Filzen über-

spinnen, nicht selten auch, durch Gasentwicklung vom Boden losgelöst, in schmutzig-grünen Fladen an der Oberfläche treiben.

Für die typisch sapropelischen Lokalitäten dürften folgende Arten besonders charakteristisch sein.

Gatt. **Oscillatoria** Vaucher.

Oscillatoria chlorina Kützing.

Leicht kenntlich an der gelbgrünen Farbe. Die abgerundeten Fadenenden sind farblos, die Fäden selbst erscheinen fein quer geringelt, ähnlich wie es Szafer (1911, S. 163, Taf. VI Fig. 1) für seine *O. lineata* angibt, die außerdem noch Schwefel enthalten soll. Die Bewegungen sind lebhaft.

Sehr häufig auf Faulschlamm der verschiedensten Art, besonders in Lemna- und Characeen-Teichen, auch auf Abwasserschlamm. Einzeln auch am Grunde von Altwassern und Seen wie z. B. im Bodensee, hier besonders zwischen den Rasen der Characeen.

Neben der typischen 3,5—4 μ dicken *O. chlorina* kenne ich noch eine weit robustere Form von 8 μ Fadendicke (Taf. III, Fig. 23). An dieser tritt die Querstreifung der Zellen sowie die farblose Plasmakuppe an den Fadenenden mit besonderer Deutlichkeit hervor. Die Fäden erscheinen in Abständen von etwa 8—9 μ etwas eingezogen und die Zellen hier oft durch farblose, im optischen Querschnitt bikonvexe Zwischenräume getrennt. Die gelbgrüne Färbung ist auf die Rindenschicht beschränkt, welche anscheinend auch den Sitz der Querringelung darstellt; das Zellinnere erscheint heller und in der Achse von einem fein gekörnten Plasmastrang durchzogen, der sich an den Fadenenden als farblose Kuppe vorwölbt. Von Zelleinschlüssen finden sich sonst nur sehr kleine unregelmäßig verteilte Vakuolen sowie feinste Kügelchen, besonders an den Zellgrenzen.

Die vorliegende Form kam bis jetzt nur in einem mit Lemna bedeckten Waldteich bei Neuhofen in Gesellschaft von *Lyngbya Lindavii* Lemm. zur Beobachtung. Ob sie als var. *perchlorina* von *O. chlorina* oder unter diesem Namen als besondere Art aufzufassen ist, bleibt weiteren Beobachtungen überlassen.

Oscillatoria Lauterbornii Schmidle 1901, S. 179 — (Taf. III, Fig. 24).

Eine der am meisten charakteristischen sapropelischen Oscillariaceen und namentlich im Winter und Frühling oft recht häufig

auf dem Faulschlamm von Characeen- und Lemna-Teichen. Die gelbgrün gefärbten Fäden messen in der Breite 3—4 μ, die Länge der Zellen beträgt 6—8 μ. Das Zellinnere wird von einer (selten zwei) unregelmäßig begrenzten vielfach eingebuchteten und zerklüfteten Pseudovakuole eingenommen, die außen scharf und dunkel begrenzt erscheint, während das Innere bei geeigneter Einstellung einen rötlichen Schimmer zeigt. Ausgesprochene Bewegungen habe ich bei dieser Art kaum wahrnehmen können.

Oscillatoria (?) putrida SCHMIDLE 1901, S. 179 — Taf. III, Fig. 25.

Bewegliche oft gebogene schwach gelbgrüne Fäden von 2—3 μ Breite. Die Zellen sind etwa 10—20 μ lang und zeigen bei den dickeren Fäden eine deutlich doppelt konturierte Membran. Die Querwände sind viel schwerer sichtbar und jederseits durch etwas unregelmäßige Vakuolen (SCHMIDLES „protoplasmatische Körnchen") markiert. Der Zellinhalt erscheint gleichmäßig sehr fein granuliert, ab und zu mit einigen Kügelchen.

Nicht selten in den Gallertmassen von Chlorobakterien, in schleimig faulenden Pflanzenresten, daneben auch frei, besonders in Characeenteichen.

Oscillatoria (?) trichoides SZAFER 1911, S. 164—165 (Taf. VI, Fig. 2).

Fäden starr, etwa 1—1,5 μ dick, nur sehr schwach gelblich gefärbt. Querwände im Leben kaum sichtbar; Zellinneres mit kleinen vakuolenartigen Räumen, die ziemlich unregelmäßig verteilt sind. Schwefeleinschlüsse, von denen SZAFER berichtet, habe ich niemals gesehen, anscheinend hat der Autor die Pseudovakuolen dafür gehalten.

Mit der vorhergehenden Art an den gleichen Standorten nicht selten.

O. putrida und *O. trichoides* stellen wohl kaum mehr echte *Oscillatoria*-Arten dar und dürften später wohl die Errichtung einer neuen Gattung verlangen. Dasselbe gilt sehr wahrscheinlich auch von *O. Lauterbornii.*

Gatt. **Lyngbya** AGARDH.

Lyngbya Lindavii LEMMERMANN 1905, S. 147 (Taf. IV, Fig. 10—11).

Dunkel blaugrün, die Zellen sehr reich an Glykogen. Die Scheiden sind recht resistent; sie erhalten sich, oft durch Schwefel-

eisen geschwärzt, noch lange nachdem die Fäden längst abgestorben sind und sammeln sich öfters in größeren fädig-flockigen Massen an.

Sehr häufig in einem von Lemna überwucherten Waldteich bei Neuhofen, sonst mehr einzeln.

Lyngbya Hieronymusii LEMMERMANN (?) 1905, S. 146 (Fig. 12—13). — Taf. III, Fig. 22.

Mit einigem Vorbehalt ziehe ich die Taf. III, Fig. 22 abgebildete *Lyngbya* zu *L. Hieronymusii*, die nach den Angaben ihres Entdeckers als einzige der Gattung Pseudovakuolen enthalten soll. Die von mir beobachtete Form bildet bis über 500 μ lange gerade und ziemlich starre Fäden mit enger Scheide; die Zellen sind etwa 8 μ breit, 2—3 μ hoch und an den Scheidewänden schwach eingeschnürt. Die Färbung ist blaugrün, aber durch eine große, fast die ganze Zelle einnehmende stark zerklüftete Pseudovakuole mehr oder weniger verdunkelt.

Ich fand diese Art bis jetzt nur ziemlich vereinzelt in einem Graben bei Bobenheim sowie in Characeen- und Lemnateichen bei Maudach, in Gesellschaft von Chlorobakterien und Purpurbakterien.

Gatt. **Pseudanabaena** nov. gen.

Zellen deutlich voneinander abgesetzt, zylindrisch oder in der Mitte eingeschnürt, blaugrün, zu kettenartigen beweglichen Fäden verbunden.

Pseudanabaena constricta SZAFER spec. (*Oscillatoria constricta* SZAFER 1911, S. 164, Taf. VI, Fig. 3). — Taf. III, Fig. 26.

Zellen abgerundet zylindrisch, in der Mitte meist mehr oder weniger eingeschnürt, etwa 10 μ lang, 5—6 μ breit.

Nicht selten im Faulschlamm eines Grabens bei Bobenheim unter Chloro- und Purpurbakterien, an den übrigen Fundorten nur einzeln.

Ps. catenata nov. spec. (Taf. III, Fig. 27).

Zellen zylindrisch, an beiden Enden abgestutzt; Färbung blaugrün, bisweilen auch etwas oliven-bräunlich. Zellen 3 μ lang, 2 μ breit.

An den gleichen Standorten wie *Ps. constricta*, meist nur einzeln. Einmal sehr zahlreich an den Scheiden von *Lyngbya*.

Die Angehörigen dieser Gattung erinnern, wie dies schon SZAFER für seine *Oscillatoria constricta* hervorgehoben hat, sehr

an sterile *Anabaena*-Fäden, doch habe ich ebensowenig wie dieser Autor jemals Heterocysten oder Sporen beobachten können. Außerdem zeigen die Fäden lebhafte Kriechbewegungen. Die Aufstellung einer eigenen Gattung dürfte also wohl gerechtfertigt erscheinen. Die Färbung ist besonders bei *Ps. constricta* ein sehr ausgeprägtes Blaugrün, welches mantelartig in der Rindenschicht lokalisiert erscheint. Die Achse der Zellen zeigt einen farblosen im Querschnitt sternförmigen Strang, der durch den ganzen Faden zu verfolgen ist. Die Zellenden führen gewöhnlich zwei helle Kügelchen. In den Kulturen zeigten sich zahlreiche Ketten von einer Gallertscheide umgeben; einige Male sah ich hier auch mehrere Fäden in einer Scheide.

Gatt. **Spirulina** TURPIN.

Spirulina flavovirens WISLOUCH 1911, S. 155—161.

Eine durch ihre gelbgrüne Färbung ausgezeichnete Art. Die von mir beobachteten Exemplare zeigten folgende Maße: Dicke der Spiralfäden 2,5—3 μ, Breite der Windungen 7,5—8 μ, Abstand derselben voneinander 2,5—3 μ.

Bis jetzt nur in Quellwasser führenden kühlen Strombuchten des Rheins bei Ottenheim und Diersheim (oberhalb und unterhalb von Straßburg) sowie in einem quelligen Altwasser der Moder bei Drusenheim, überall in der Tiefe auf faulendem Characeenschlamm in Gesellschaft von *Pelochromatium roseum* LAUTERBORN.

3. Diatomeen.

So weit die Diatomeen in den verschiedenartigsten Gewässern auch sonst verbreitet sind — in der sapropelischen Lebewelt treten sie völlig in den Hintergrund und haben keinen einzigen charakteristischen Vertreter aufzuweisen. Man findet hier ab und zu einige *Nitzschien*, besonders *N. palea* (KÜTZ.) SMITH, kleine *Synedren* und *Naviculeen*; in Teichen, die mit Lemna-Rasen überwuchert sind, birgt der Faulschlamm am Grunde meist abgefallene *Epithemien*, *Gomphonema*, *Eunotia* usw. und ähnlichen Formen, die alle den Charakter des zufällig Verschlagenen tragen.

4. Chlorophyceen.

Was von den Diatomeen gesagt wurde, gilt ebenso von den Chlorophyceen: auch sie sind für die typisch entwickelte sapro-

pelische Lebewelt gewissermaßen negativ charakteristisch. Am wenigsten selten sind noch Rhaphidien wie *Rhaphidium polymorphum* FRES., Zellen von *Scenedesmus*, *Ophiocytium*, auch *Closterium acerosum* EHRB.; dazu kommen gelegentlich noch Fäden von *Conferva bombycina* AG. sowie kleine Räschen von *Microthamnion Kützingianum* NÄG. Der minimale Sauerstoffgehalt, die reiche Entwicklung von Schwefelwasserstoff schließen im Faulschlamm eine reichere Entwicklung der Grünalgen also ebenso sehr aus, wie diejenige der Diatomeen. Eine gewisse Ausnahme nach dieser Richtung hin macht unter den höheren Algen nur die Gruppe der Characeen, speziell die Gattung Chara selbst mit *Ch. aspera*, *Ch. foetida*, *Ch. hispida*, usw. Diese wurzeln sehr oft in einem Schlamm, der außerordentlich reich an Schwefelwasserstoff und bisweilen fast völlig frei von Sauerstoff ist. Dies harmoniert mit den Befunden KÜHNES (1897), wonach Chara-Pflanzen tagelang im sauerstoffreien Medium auszudauern vermögen, ohne daß die Plasmaströmung in den Zellen eine Schädigung erkennen läßt.

5. Rizopoden.

Die Rhizopoden sind im Faulschlamm durch eine Anzahl weitverbreiteter Arten sowie durch einige Charakterformen vertreten. Zu den ersteren gehört neben einigen Amoeben zunächst *Arcella vulgaris* EHRB., die mit sehr geringen Sauerstoffmengen vorlieb nehmen kann und oft, wie auch die Amoeben mit gefressenen Chromatien förmlich vollgepfropft erscheint. Von Difflugien erscheint am regelmäßigsten *Difflugia acuminata* EHRB. und zwar in einer 120—210 μ langen, 40—100 μ breiten Form, deren Gehäuse mit flachen Sandkörnchen bedeckt ist. Recht häufig tritt auch *Cochliopodium vestitum* ARCH. spec. auf, meist mit Zoochlorellen; *C. vestitum* AUERBACH spec. ist viel seltener. Von Heliozoen habe ich *Actinosphaerium Eichhorni* EHRB. spec. sowie *Heterophrys myriopoda* ARCHER, beide aber nur ganz vereinzelt beobachtet.

Als Charakterformen des eigentlichen Faulschlammes können folgende Arten betrachtet werden:

Gatt. **Amoeba** EHRENBERG.

Ameoba chlorochlamys nov. spec. Taf. III, Fig. 34—35.

Amoebe etwa von Habitus der *A. limax* DUJ., von einer

gelbgrünen einschichtigen Hülle umschlossen, die aus zahlreichen senkrecht eingepflanzten stäbchenförmigen Chlorobakterien besteht. Länge 24—40 μ; Dicke der Hülle (Länge der Bakterien) 2 μ.

Nicht selten an tiefen, mit abgestorbener *Lemna trisulca* erfüllten Stellen eines Feldgrabens bei Bobenheim (südlich von Worms), in Gesellschaft von Chlorobakterien. Vereinzelt auch in Characeen-Teichen bei Maudach usw.

Schon bei der Schilderung von *Chlorobacterium* habe ich auf diese interessante Amoebe und ihre eigenartige Symbiose mit dem grünen Bakterium hingewiesen. Befindet sich die Amoebe im Ruhezustand, also mehr oder weniger kugelig kontrahiert, so erscheinen die in die Gallerthülle der Amoebe eingepflanzten Bakterienstäbchen alle radiär angeordnet und umschließen palissadenartig dicht gedrängt den Rhizopoden nach allen Seiten. Bei der Bewegung lockert sich um das vorgeschobene lappenförmige Pseudopodium der Stäbchenbesatz mehr oder weniger auf und spreizt sich an der Spitze des Pseudopodiums fast fiederförmig auseinander. Als Nahrung werden neben Detrituspartikeln auch Chromatien aufgenommen.

Gatt. **Pelomyxa** GREEF.

Pelomyxa palustris GREEF 1874, S. 51—73.

Dieser Riese unter den Süßwasser-Rhizopoden zählt zu den charakteristischsten Mitgliedern der sapropelischen Lebewelt. Namentlich in Lemna-Teichen wird man ihn zu keiner Jahreszeit kaum jemals vermissen. Bringt man aus diesen eine Partie Grundschlamm in ein Glas, so sieht man schon mit freiem Auge die Pelomyxen als milchweiße bis etwa 3 mm große unregelmäßige Klümpchen zu Boden sinken, wo sie sich öfters in größeren Mengen ansammeln und dann leicht isoliert werden können. Dieses rasche Sinken durch die ganze Schlammasse durch deutet auf ein hohes spezifisches Gewicht von *Pelomyxa* hin, welches in erster Linie durch die zahlreichen Kugeln von Paraglykogen, die sog. Glanzkörper, bedingt wird. Niemals habe ich in meinen Kulturen den Rhizopoden auf der Oberfläche des Schlammes gesehen, sondern stets nur innerhalb desselben; er führt also eine ausgesprochene „kryptopelische“ Lebeweise.

Gatt. **Pamphagus** BAILEY.

Pamphagus armatus LAUTERBORN 1901, S. 54. — 1908, S. 647 (Taf. XLI, Fig. 3).

Eine recht auffallende Art, deren elastische beutelförmige Schalenhaut auf ihrer ganzen Oberfläche mit zahlreichen nach hinten gekrümmten spitzen Stacheln bewehrt ist. Hauptsächlich im Schlamm von Characeen-Teichen bei Ludwigshafen, Maudach, aber immer nur recht vereinzelt.

6. Flagellaten.

Die Zahl der Flagellaten, die in ihrem Vorkommen an Gewässer mit fäulnisfähiger organischer Substanz gebunden sind, ist eine recht beträchtliche. Schon WARMING (1896, S. 136—137) hat die „saprophilen Flagellatenvereine" mit *Euglena viridis*, *E. sanguinea*, *Polytoma* usw. als eigene „Vereinsklasse" der Wasservegetation aufgestellt.

Auch in den ausgesprochenen sapropelischen Lokalitäten, in den Lemna- und Characeenteichen, sind die Flagellaten gut vertreten, allerdings nur selten in Massenentfaltungen und stets auch mehr auf als in dem Schlamm. Die überwiegende Mehrzahl der hier vorkommenden Formen ist dabei nicht auf die eigentliche sapropelische Lebewelt beschränkt, sondern findet sich fast überall, wo reichlichere Mengen organischer Substanzen im Wasser faulen, so vor allem auch in Abwässern. Ich kann mich darum an dieser Stelle wohl auf eine Übersicht der in Gesellschaft typisch sapropeler Organismen beobachteten Flagellaten beschränken.

Von den Protomastiginen gehören hierher *Rhynchomonas nasuta* STOKES, *Pteridomonas pulex* PENARD sowie *Physomonas socialis* KENT, welch letztere ich epiphytisch auf Fäden von *Oscillatoria limosa* traf. Von den Distomatinen, welche fast alle mehr oder weniger saprophil sind, fehlen *Trepomonas agilis* DUJ. und *Hexamitus inflatus* DUJ. kaum je dem Faulschlamm; in den Kulturen verschwinden diese zarten Formen gewöhnlich früher als die Mehrzahl der übrigen Flagellaten. Chrysomonadinen treten nur ganz ausnahmsweise auf; um so auffallender ist es, daß ich die bis jetzt nur aus Amerika bekannte prächtige *Chloromonas pulcherrima* STOKES in meinem Untersuchungsgebiet mehrfach gerade auch auf dem Faulschlamm eines Lemna-Teiches bei Maudach zu Gesicht bekam. Recht häufig sind dagegen die Cryptomonadinen, vor allem *Cryptomonas ovata* EHRB. und *Cr. erosa* EHRB., zwei ausgesprochen eurybiotische Arten, die in den verschiedenartigsten Gewässern und hier sowohl im

Plankton als auch zwischen Pflanzen und im Schlamme zusagende Existenzbedingungen finden. Nicht selten tritt mit ihnen *Cyathomonas truncata* FRES. spec. auf., die sich auch von Chromatien ernährt.

Von den Eugleninen erscheint *Euglena acus* EHRB. fast regelmäßig auch zwischen Schwefelbakterien, Purpur- und Chlorobakterien; *E. viridis* EHRB., die in Abwässern so massenhaft auftritt, ist hier weit spärlicher. *Phacus oscillans* KLEBS, eine durch die umgeschlagenen Seitenränder ausgezeichnete seltene Art, fand ich bis jetzt einzig im Faulschlamm, wo auch eine farblose Form von *Ph. pleuronectes* O. F. M. spec. zur Entwicklung gelangt. Nicht selten erscheint auch *Eutreptia viridis* PERTY, deren gallertumhüllte Ruhe- und Teilungszustände in einem Graben bei Bobenheim zwischen Purpur- und Chlorobakterien so massenhaft auftraten, daß sie schon mit freiem Auge als hellgrüne Flöckchen wahrzunehmen waren. Als sapropelische Vertreter der ungefärbten Eugleninen können *Heteronema acus* EHRB. spec. und *H. spirale* KLEBS, *Menoidium pellucidum* PERTY gelten.

Volvocineen treten im Faulschlamm nur sporadisch auf. Eine Ausnahme scheint neben dem noch spezieller zu behandelnden *Spondylomorum quaternarium* EHRB. eine anscheinend neue Gattung der Chlamydomonadinen zu machen, die ich im Februar dieses Jahres zwischen faulender *Lemna trisulca* eines Feldgrabens bei Bobenheim fand. Es waren dies etwa 20 μ lange Monaden von bohnenförmiger oder nierenförmiger Gestalt, die an einem Ende der Einbuchtung etwas nasenförmig vorgezogen waren. Das rein grüne Chromatophor erfüllte fast die ganze Zelle und ließ nur entlang der eingebuchteten Seite einen schmalen Saum frei; neben dem Hauptstigma fanden sich über das Chromatophor zerstreut noch einige kleinere Nebenstigmen von braunrötlicher Farbe. Leider habe ich diese interessante Form, die ich in meinen Notizen einstweilen als *Polystigma reniforme* bezeichnete, nur in wenigen Exemplaren beobachten können; bei einer zweiten Exkursion im März war sie am Fundort völlig verschwunden.

Eine besondere Erwähnung unter den sapropelischen Flagellaten dürften folgende beiden Arten verdienen.

Gatt. **Mastigamoeba** F. E. SCHULZE.

Mastigamoeba trichophora LAUTERBORN 1901, S. 55 — 1914 LEMMERMANN S. 41, Fig. 30. — Taf. III, Fig. 20.

Körper auf der Oberfläche mit zahlreichen etwas zerstreut stehenden haarartigen Borsten bedeckt. Alveolarsaum stets sehr deutlich ausgeprägt; Pseudopodien breit. Kern elliptisch, mit der Geißel wandernd; Geißel etwa $^3/_4$ bis Körperlänge. Plasma ziemlich stark vakuolisiert, meist mit grünen Inhaltskörpern. Länge etwa 100 μ, Breite 50 μ.

Ich fand diese recht charakteristische *Mastigamoeba* zuerst im Juni 1899 in einem von *Lemna* dicht überzogenen Waldteich bei Neuhofen und zwar in ziemlicher Anzahl; nach kurzer Zeit verschwand die Art dort völlig und ich habe sie die ganze Zeit bisher nirgends mehr nachweisen können bis zum Frühjahr 1915, wo mir in einem Lemna-Teiche bei Maudach wieder ein einzelnes Exemplar zu Gesicht kam.

Neben *M. trichophora* traf ich im Faulschlamm des eben genannten Lemna-Teiches bei Maudach noch eine weitere, vielleicht ebenfalls zu *Mastigamoeba* gehörenden Art an (Taf. III, Fig. 36): Körper elliptisch, 18—22 μ lang, Geißel doppelt so lang als der Körper; Oberfläche mit einem gelbgrünen Mantel radiär angeordneter stäbchenförmiger Chlorobakterien bedeckt, ganz in der Anordnung derjenigen von *Amoeba chlorochlamys* LAUTERBORN. Als Nahrungskörper sah ich Chromatien aufgenommen. Leider konnte ich nur zwei Exemplare dieser Art beobachten, so daß ich von einer besonderen Benennung einstweilen absehe.

Gatt. **Spondylomorum** EHRENBERG.

Spondylomorum quaternarium EHRENBERG 1848, S. 233—237.

Diese interessante Volvocinee lernte ich 1898 als Abwasserorganismus kennen und zwar in stinkendem Schlamm eines Moselarmes bei Metz, der durch Abgänge einer Brauerei stark verschmutzt war; *Spondylomorum* fand sich hier ziemlich zahlreich zwischen Beggiatoen, *Oscillatoria chlorina*, *Euglena viridis* usw. (1901, S. 21). Später traf ich die Art auch im Faulschlamm eines mit Chromatien und Schwefelbakterien erfüllten Tümpels am Altrhein Neuhofen sowie zwischen faulendem Grase lang überschwemmter Äcker bei Germersheim — an allen Fundorten bis jetzt nur in der wärmeren Jahreszeit.

MARSSON (1904, S. 157) fand *Spondylomorum* auch massenhaft in Abwasserteichen bei Berlin; er stellt es darum mit KOLKWITZ (1908) zu den sog. „stark mesosaproben“ Organismen.

7. Infusorien.

Die Infusorien gehören zu den charakteristischsten Mitgliedern der sapropelischen Lebewelt. Keine andere Tiergruppe hat im Faulschlamm eine solche Menge eigentümlicher Gattungen aufzuweisen, keine — von gewissen Gastrotrichen abgesehen — einen solchen Reichtum an seltsamen und auffallenden Gestalten. Auf der Oberfläche des Schlammes überwiegen weit verbreitete mehr oder weniger saprophile Formen: *Paramaecium caudatum* Ehrb. und *P. aurelia* (O. M. F.), *Coleps hirtus* (O. M. F.) und *C. amphacanthus* Ehrb., *Frontonia leucas* (Ehrb.) mit und ohne Zoochlorellen, *Loxodes rostrum* (O. F. M.), *Loxophyllum Meleagris* (O. F. M.), *Chilodon cucullulus* (Ehrb.), *Urocentrum turbo* (O. F. M.), *Pleuronema inflatum* Lauterborn[13]), *Spirostomum ambiguum* Ehrb. und *Sp. teres* Clap. et Lachm., *Stentor coeruleus* Ehrb., *Bursaria truncatella* (O. F. M.), *Halteria grandinella* (O. F. M.), *Uroleptus rattulus* Stein, *Enplotes patella* Ehrb., *Aspidisca turrita* Clap. et Lachm. usw. schwärmen, nicht selten in Massenentwicklung, zwischen den Oscillatorienfilzen sowie den Wucherungen der Purpur- und Chlorobakterien; *Spirostomum* erhebt sich auch in das freie Wasser und wenn man im Winter die Eisdecke eines sapropelischen Teiches oder Tümpels durchschlägt, so zeigt sich das emporquellende opake und stinkende Wasser schon dem freien Auge oft mit Tausenden dieser langgestreckten Ciliaten erfüllt. Festsitzende Formen sind durch *Campanella umbellaria* (L.) und gewisse Vorticellen besonders *Vorticella longifilum* Kent vertreten.

Anders jedoch im Schlamm. Hier lebt neben vereinzelten Vertretern der oben aufgezählten Formen eine Anzahl Infusorien, die nur im Bereiche des schwefelwasserstoffreichen und oft völlig sauerstoffreien Faulschlammes ihre Daseinsbedingungen finden und nur mehr zufällig auf dessen Oberfläche gelangen. Diese durch gleiche Ansprüche an die Umwelt zusammengehaltene Genossenschaft sapropelischer Organismen ist — trotz der weitgehenden Individuenarmut gewisser Arten — eine so charakteristische und findet sich an allen entsprechenden Lokalitäten mit solcher Regelmäßigkeit zusammen, daß sie teilweise schon die Aufmerksamkeit der

---

[13]) Von *Pl. chrysalis* (Ehrb.) durch die starke fast blasenartige Auftreibung der Bauchseite in der Gegend des Peristoms unterschieden. Länge 100—110 μ, größte Breite 70 μ.

älteren Forscher wie EBERHARD (1858 und 1862), ENGELMANN (1862), STEIN (1867) u. a. erregte und mehr als einen veranlaßte, einen genetischen Zusammenhang zwischen gewissen Hauptvertretern, vor allem der Gattungen *Metopus* und *Caenomorpha* in den Bereich der Möglichkeit zu ziehen[14]).

In folgendem gebe ich eine Übersicht der charakteristischsten von mir beobachteten sapropelischen Infusorien; weitere Untersuchungen dürften sicherlich noch manchen Zuwachs bringen.

Gatt. **Chaenia** QUENNERSTEDT.

Chaenia limicola LAUTERBORN 1901, S. 53—54. — 1908, S. 656 (Taf. XLII, Fig. 19).

Körper lanzettförmig, vorn mit einem knopfförmigen Vorsprung, nach hinten gleichmäßig verschmälert und schwanzartig zugespitzt. Cilien ziemlich weitläufig in schrägen Längsreihen. Länge 150 μ, größte Breite 25 μ. Am nächsten verwandt mit *Ch. crassa* MASKELL, wie sie SCHEWIAKOFF (1896, Taf. II, Fig. 30) und nach ihm ROUX (1901, Taf. I, Fig. 18) abbilden, aber durch die oben angegebenen Kennzeichen deutlich unterschieden.

Im Schlamm von Lemna- und Characeenteichen bei Ludwigshafen, Neuhofen, Maudach, überall ziemlich einzeln.

Gatt. **Legendrea** FAURÉ-FRÉMIET.

Legendrea loyesae FAURÉ-FRÉMIET 1908, S. 15—16.

Im Jahre 1898 fand ich im Faulschlamm eines Lemnateiches im Walde bei Neuhofen ein seltsames Infusor, das durch zahlreiche tentakel- oder fingerförmige, Trichocysten führende Fortsätze an der hinteren Körperhälfte auffiel. Die Körperlänge betrug 110 μ, die größte Breite 63 μ. Trotz aller Mühe gelang es mir bisher nur zwei Exemplare aufzutreiben, die nur eine ganz allgemeine Orientierung gestatteten. Zehn Jahre später wurde dasselbe Infusor von FAURÉ-FRÉMIET im Sumpf von Pourras bei Paris, ebenfalls nur in wenigen Exemplaren, wieder entdeckt und als *Legendrea loyesae* beschrieben und abgebildet. Eine etwas ausführlichere Darstellung verdanken wir PENARD (1914), der das Infusor im Sumpf von Roulbeau bei Genf antraf, zusammen mit einem

[14]) Eine Übersicht der bis 1894 vorliegenden Beobachtungen über das konstante Zusammenvorkommen der Gattungen *Metopus*, *Caenomorpha* und *Plagiopyla* hat LEVANDER (1894, S. 69—70) gegeben.

weiteren kaum minder merkwürdigen Vertreter derselben Gattung (*L. bellerophon* PENARD). Beide Arten stellen trotz der geringen Individuenzahl, in der sie überall auftreten, sehr charakteristische Mitglieder der sapropelischen Lebewelt dar.

Gatt. **Spathidium** DUJARDIN.

Spathidium Lieberkühnii BÜTSCHLI 1889 (Taf. LIX, Fig. 1 a—b).

Ziemlich einzeln in einem von Chromatien erfüllten Rohrtümpel bei Ludwigshafen. Die von mir beobachteten Exemplare maßen 216 μ in der Länge, 117 μ in der Breite.

Gatt. **Perispira** STEIN.

Perispira ovum STEIN 1859, S. 60. — 1894 LEVANDER, S. 72 bis 77 (Taf. III, Fig. 33—35).

Dieses 1859 von STEIN entdeckte und nur ziemlich kurz beschriebene Infusor ist erst 1894 von LEVANDER wieder aufgefunden und ausführlich geschildert worden. Meine Beobachtungen stimmen durchaus mit denjenigen des finnischen Zoologen überein.

Ich fand *Perispira* bis jetzt nur in einem kleinen Tümpel bei Bobenheim, hier aber so massenhaft, daß beim Aufrühren des Schlammes das Wasser sich grünlich färbte. Alle Tiere enthielten Zoochlorellen; die Bewegungen erfolgten unter lebhafter Rotation um die Längsachse.

Gatt. **Lagynus** QUENNERSTEDT.

Lagynus elegans ENGELMANN spec. 1862, S. 378—379 (Taf. XXVIII, Fig. 2 u. 3). — 1901 ROUX, S. 24—25 (Taf. I, Fig. 10).

Nicht selten im Schlamm von Lemna-, Characeen- und Chromatium-Teichen der Umgebung von Ludwigshafen.

Gatt. **Lacrymaria** EHRENBERG.

Lacrymaria aquae dulcis ROUX 1901, S. 27 (Taf. I, Fig. 14).

ROUX betrachtet dieses Infusor als eine Varietät der marinen *L. coronata* CLAP. et LACHM.; mir scheint es eine gute Art zu sein. Ich fand sie bis jetzt nur recht vereinzelt, meist in Gesellschaft der vorhergehenden Gattung.

Gatt. **Pelamphora** LAUTERBORN.

Pelamphora Bütschlii LAUTERBORN 1901, S. 52—53. — 1908 S. 654—655 (Taf. XLIII, Fig. 27—29).

Gehäusebewohnend. Körper beutelförmig hinten breit gerundet, recht metabolisch. Mundöffnung polar, von zarten Cilien umstellt, die wieder von einem Kranze längerer Cilien umgeben sind[15]). Streifung regulär, Längs- und Querreihen: am Hinterende vier lange, fast geißelartige Cilien. Makronucleus elliptisch, kontraktile Vakuole terminal. Gehäuse flaschenförmig, sehr zart und hyalin, in der Mitte quergeringelt, an Schlammpartikeln usw. festsitzend. — Länge des Infusors 110 μ, Breite 63 μ; Gehäuse 180 μ lang, 75 μ breit.

Ein sehr schönes Infusor, das in seinem Auftreten durchaus an Purpurbakterien gebunden erscheint; die zahlreichen Nahrungsvakuolen sind stets mit klumpig zusammengeballten Zellen von *Lamprocystis*, *Chromatium* usw. dicht erfüllt. Das Tier verläßt öfter sein Gehäuse und schwärmt frei umher, dringt auch in die Gallerte von Chlorobakterien ein. Derartige freischwimmende Exemplare zeigen alle eine ausgesprochene birnförmige Körpergestalt, vorn verbreitert, hinten verschmälert.

Pelamphora zählt zu den charakeristischsten Bewohnern des Faulschlammes: ich fand sie regelmäßig in allen Gewässern, die Massenvegetation von Purpurbakterien zeigten.

Penard (1914, S. 414 Anmerkung) möchte *Pelamphora* mit *Vasicola ciliata* Tatem (1869, S. 117) vereinigen. Die Abbildung des Gehäuses, wie sie Tatem gibt und wie sie auch Kent in sein Infusorienwerk (1880—82, Taf. 31, Fig. 27—28) übernommen hat, zeigt tatsächlich eine gewisse Ähnlichkeit, wennschon die charakteristische Querringelung in der Mitte nur recht unvollkommen zum Ausdruck gelangt. Recht beträchtliche Verschiedenheiten weist indessen die in Fig. 28 gegebene Abbildung des freischwimmenden Infusors auf: die Bewimperung ist als eine ganz feine dichte und gleichmäßige angegeben, jede Spur der so auffallenden geißelartigen Cilien am Hinterende fehlt hier ebenso wie auf Fig. 27; dazu trägt das Vorderende noch eine deutlich abgesetzte gewölbte Erhebung, die ich bei *Pelamphora* niemals beobachtet habe. Ich muß also die Identifizierung zum mindesten noch als verfrüht betrachten.

---

[15]) In der zitierten Abbildung ist dieser äußere Cilienkranz etwas zu kräftig und weitläufig dargestellt.

Gatt. **Dinophrya** Bütschli.

Dinophrya Lieberkühnii Bütschli 1889, (Taf. LVII, Fig. 7 ?). — 1901 Roux S. 31—32, Taf. I, Fig. 21—. 1858 ? *Siagonophorus euglenoides* Eberhard (Taf. II, Fig. 10).

Das von mir beobachtete Infusor entsprach am meisten der Abbildung, welche Eberhard von seinem sonst nur recht unvollkommenen charakterisierten *Siagonophorus euglenoides* gibt; es stimmte auch ziemlich mit der bei Bütschli wiedergegebenen Figur Lieberkühns bzw. mit den von Bütschli auf Grund eigener Beobachtungen in der Tafelerklärung angebrachten Korrekturen: Gestalt gestreckt kegelförmig, hinter der Mitte etwas erweitert, hinten gleichmäßig zugespitzt; Bewimperung ziemlich weitläufig, der abgestutzte Mundkegel von langen Cilien kranzförmig umstellt. Makronukleus länglich, an einer Seite etwas eingebuchtet; kontraktile Vakuole terminal. Länge des Infusors 90—135 μ, Breite 34—40 μ. — Die Abbildung von Roux zeigt im engen Anschluß an Schewiakoffs Figuren (1889, Taf. II, Fig. 22—26, 1896, Taf. II, Fig. 38) ein Infusor mit ausgesprochen breit birnförmiger Umrisse. Sollten hier vielleicht zwei verschiedene Formen vorliegen?

Dinophrya trat am 8. März 1900 in einem von Chromatien erfüllten Tümpel am Altrhein Neuhofen massenhaft auf. In den Kulturen verschwanden die größeren Tiere bereits am 2., die kleineren am 3. Tage völlig; am 27. März war auch an dem Fundort kein einziges Exemplar mehr nachzuweisen. Seitdem habe ich *Dinophrya* nirgends mehr beobachtet.

Gatt. **Dactylochlamys** Lauterborn.

Dactylochlamys pisciformis Lauterborn 1901, S. 53. — 1908, S. 655—656, (Taf. XLII, Fig. 25. Taf. XLIII, Fig. 26).

Körper starr, spindel- oder fischförmig, hinten schwanzartig ausgezogen, auf der Oberfläche mit steilen leistenartigen Spiralbändern, die an ihrem freien Rande mit zahlreichen fingerförmigen Fortsätzen besetzt sind. Cilien zwischen den Fortsätzen entspringend, sehr lang. Mundöffnung am abgestutzten Vorderende, von dichter gestellten Cilien umgeben. Makronukleus elliptisch, kontraktile Vakuole terminal. — Länge 90—100 μ, Breite 28—30 μ.

Eine sehr auffallende, zur Familie der *Colepinae* gehörende Gattung, die nur im Innern des Faulschlamms lebt. An allen sapropelischen Lokalitäten, besonders in Lemna-Teichen, aber immer nur recht einzeln.

Gatt. **Amphileptus** Ehrenberg.

Amphileptus Claparedii Stein. — 1901, Roux S. 35 (Taf. I, Fig. 23).

Bis jetzt nur sapropelisch gefunden, am häufigsten in einem von Chromatien erfüllten Tümpel am Altrhein Neuhofen, wo sich das Infusor von den Zooiden der *Campanella umbellaria* (L.) nährte.

Gatt. **Opisthodon** Stein.

Opisthodon niemeccense Stein 1859, S. 115 (Taf. I, Fig. 24—26).

Im Faulschlamm der Lemna- und Characeen-Teichen der Rheinebene beobachte ich schon seit Jahren ein Infusor, das in bezug auf allgemeine Körpergestalt, Färbung, Bau des Kernes und der kontraktilen Vakuole, Bewegung usw. sehr weitgehend mit Steins Beschreibung und Abbildung von *Opisthodon niemeccense* übereinstimmt, bis auf das Merkmal, das der Gattungsname ausdrücken soll: es ist mir bis jetzt niemals gelungen, den reussenförmigen Mund, der nach Stein — allerdings schwer sichtbar — am Beginn des hinteren Körperviertels liegt, aufzufinden. Stein war ein so erfahrener Beobachter, daß es schwer hält, Zweifel an der Richtigkeit seiner Angaben auszusprechen; ich möchte mich darum hier darauf beschränken zu weiteren Beobachtungen an anderen Fundorten anzuregen, welche die Differenz wohl aufklären werden.

Gatt. **Loxocephalus** Eberhard emend. Kent.

Loxocephalus luridus Eberhard 1862, S. 24 (Taf. II, Fig. 27). — 1895 Blochmann, S. 98 (*Frontonia lurida*).

Eberhard schildert das von ihm entdeckte Infusor mit folgenden Worten: „Dieses melancholische Thierchen, welches aussieht, wie eine trauernde Witwe, findet sich in älteren Infusionen einzeln, nie massenhaft. Während es von anderen Infusorien munter umschwärmt wird, liegt es verdrießlich da oder bewegt sich träge fort. Es hat fast die Größe eines *Paramaecium*, ist am ganzen Körper bewimpert und führt hinten 4—5 lange feine Borsten. Die vordere Seite dieses, einer etwas plattgedrückten Walze gleichenden Thieres ist schief abgestuzt und auf beiden Seiten eingekerbt, wie die *Nassula ornata* an einer Seite. An der Mundstelle trägt es einige stärkere Borsten. Der ovale Nucleus schimmert in der vorderen Hälfte durch. Damit das Thier so

recht wie ein ernster Philosoph unter Weltkindern erscheine, ist es schwarzbraun im durchfallenden Licht; im reflektierten Licht freilich erscheint es weiß. Zu starker Vermehrung ist es zu phlegmatisch. Es scheint bloß von Pflanzennahrung zu leben.“ Eine genauere Beschreibung gab erst BLOCHMANN 1895, der das Tier der Gattung *Frontonia* einreiht.

Ziemlich einzeln im Faulschlamm von Lemna- und Characeen-Teichen. Ausgesprochen kryptopelisch; auch in den Präparaten verkriecht sich das Tier nach kurzem Umherschwimmen bald im Schlamm und bleibt oft längere Zeit völlig unbeweglich liegen.

Loxocephalus granulosus S. KENT 1881—1882, S. 489 (Taf. XXVI, Fig. 47). — BÜTSCHLI 1889 (Taf. LXIV, Fig. 4).

Stets dicht erfüllt mit kleinen dunklen linsenförmigen Körpern, welche Glykogenreaktion zeigen. Eines der häufigsten sapropelischen Infusorien, auch im braunflockigen Schlamm von Utricularia- und Myriophyllum-Rasen in Moorgewässern. Liegt wie die vorige Art oft lange bewegungslos auf einer Stelle.

Gatt. **Cristigera** ROUX.

Cristigera pleuronemoides ROUX 1901, S. 72 (Taf. IV, Fig. 10).

Körper gestreckt elliptisch, hinten abgestutzt, starr. Ventralseite konkav, besonders auf der hinteren Körperhälfte; die Einsenkung dorsalwärts durch eine dem Ventralrand annähernd parallel verlaufende ausgezackte Linie begrenzt. Peristom mit großer undulierender Membran, bis gegen die Körpermitte reichend. Cilien ziemlich lang, das Vorder- und Hinterende umziehend; hinten eine lange apikale Borste. Makronukleus oval; kontraktile Vakuole terminal. Länge 70 μ, Breite 35 μ.

Eine schöne von ROUX in der Umgebung von Genf entdeckte zur Familie der Pleuronemiden gehörige Art, wahrscheinlich identisch mit dem von PERTY (1852, S. 141, Taf. V, Fig. 15) ungenügend charakterisierten *Lembadion* (?) *duriusculum.* Ziemlich einzeln im Schlamm von Characeen-Teichen bei Maudach usw., etwas häufiger im braunflockigen Schlamm zwischen den Büschen von *Utricularia* und *Myriophyllum.* Das Infusor bewegt sich sehr rasch nach Art von *Pleuronema* und liegt dann oft wieder längere Zeit bewegungslos an einer Stelle.

Gatt. **Plagiopyla** STEIN.

Plagiopyla nasuta STEIN 1860, S. 58—59. — 1894 LEVANDER, S. 62—72 (Taf. III, Fig. 28—30).

Die Gattung *Plagiopyla* wurde 1860 von STEIN aufgestellt. Die bis jetzt einzige Art *Pl. nasuta* STEIN ist bereits 1851 von PERTY (S. 145, Taf. V, Fig. 7) als *Colpoda ren* O. F. M. beschrieben und ganz kenntlich abgebildet worden; letztere Art hat aber mit *Plagiopyla* nichts zu tun. Die beste Schilderung hat LEVANDER gegeben, dessen Ausführungen ich kaum etwas hinzuzufügen hätte.

Plagiopyla ist ein typischer nicht leicht zu übersehender Bewohner des Faulschlamms, der fast stets in Gesellschaft der Gattungen *Metopus* und *Caenomorpha* vorkommt — auch im Meere, wo *Plagiopyla* bis jetzt in der Ostsee bei Warberg (QUENNERSTEDT 1867, S. 20), in Tümpeln am Seestrande bei Helsingfors (LEVANDER 1894, S. 67—68), dann im Mittelmeer und zwar im alten Hafen von Marseille von GOURRET und ROESER (1886, S. 479 u. 496) nachgewiesen wurde[16]). In meinem Untersuchungsgebiet gehört *Plagiopyla* zu den häufigeren sapropelischen Infusorien: ich habe es in keinem der untersuchten Gewässern und zu keiner Jahreszeit vermißt. Die Größe des Körpers schwankt innerhalb recht weiter Grenzen.

Gatt. **Mikrothorax** ENGELMANN.

Mikrothorax sulcatus ENGELMANN 1862, S. 381. (Taf. XXXI, Fig. 4—6. — 1901 ROUX, S. 66, Taf. IV, Fig. 2).

Sehr wahrscheinlich identisch mit EBERHARDS *Hemicyclum lucidum* (1862, S. 21, Fig. 16). In der Rheinebene eines der seltensten Infusorien und bis jetzt nur im Faulschlamm eines Lemna-Teiches bei Maudach gefunden. Die von mir beobachteten wenigen Exemplare übertreffen mit 75 μ Länge und 56 μ Breite ziemlich beträchtlich die von ROUX angegebenen Größenmaße (57 μ zu 45 μ).

Gatt. **Blepharisma** PERTY.

Blepharisma lateritium (EHRB.) 1838, S. 328 (Taf. 35, Fig. 8).

Die zarte rötliche Färbung ähnelt sehr derjenigen der Purpurbakterien und dürfte wohl von der aufgenommenen Nahrung stammen. ROUX nennt die vorliegende Art für die Umgebung von Genf «espèce assez frequente». In meinem Gebiete ist sie recht selten;

[16]) Das gleichzeitige Vorkommen dieser typisch sapropelischen Infusorien im Süßwasser und Meere bietet eine interessante Parallele zu dem bereits früher geschilderten ähnlichen Verhalten gewisser Schizomyceten wie *Pelosigma*, *Achromatium*, *Monas Mülleri*, *Spirophis* usw.

ich kenne sie bis jetzt nur von der Oberfläche eines Lemna-Teiches bei Maudach.

Blepharisma musculus (EHRB.) 1838, S. 358 usw. BÜTSCHLI 1889 (Taf. LXVI, Fig. 9).

Noch seltener wie *Bl. lateritium*; bis jetzt nur ganz vereinzelt in einem Lemna-Teich bei Maudach gefunden.

Gatt. **Metopus** CLAP. et LACHM.

Metopus sigmoides CLAP. et LACHM. 1861, S. 255. (Taf. XII, Fig. 1.) — 1867 STEIN, S. 328—335. (Taf. XVI, Fig. 5—8, 10, 14.)

Die vorliegende Art ist bereits von OTTO FRIEDRICH MÜLLER unter dem Namen *Trichoda s* kenntlich beschrieben und abgebildet worden (1786, S. 190, Taf. XXVII, Fig. 5—6). Es wird darum bei rigoroser Anwendung des Prioritätsgesetzes die Art in Zukunft wohl als *Metopus es* bezeichnet werden müssen[17]). Sehr variabel in Größe und Gestalt, sowie in bezug auf den Grad der Torsion des Vorderendes. Meist gelblich gefärbt. Eines der häufigsten sapropelischen Infusorien, auch im Abwasserschlamm; hier fand ich die kugeligen dünnhäutigen Cysten öfters an Fäden des Wasserpilzes *Sphaerotilus* angeklebt.

Metopus contortus LEVANDER 1894, S. 19—28 (Taf. I, Fig. 5—9).

Farblos, Nahrungsvakuolen fast stets mit Purpurbakterien dicht erfüllt. Meist in Gesellschaft von *M. sigmoides*, aber weniger zahlreich.

Metopus pyriformis LEVANDER 1894, S. 28—32 (Taf. I, Fig. 10—11).

Die am wenigsten zahlreichste Art der Gattung, mit den beiden anderen Arten in Lemna-und Characeen-Teichen bei Maudach usw. vereinzelt. — Den nach LEVANDERS Angaben ebenfalls sapropelisch lebenden *M. bacillatus* LEVANDER (1894, S. 32—35. Taf. I, Fig. 12—13) habe ich hier bis jetzt noch nicht mit Sicherheit nachweisen können.

Gatt. **Tropidoatractus** LEVANDER.

Tropidoatractus acuminatus LEVANDER 1894, S. 39—41 (Taf. II, Fig. 14).

---

[17]) Der Artname „*es*" mutet allerdings etwas eigenartig an. Aber da wir bei den Schmetterlingen von einer *Euclidia mi*, *Plusia gamma*, *Aglia tau* usw. sprechen, müßte man sich schließlich auch mit dem etwas weniger wohllautenden *es* abfinden.

Ziemlich einzeln in Gesellschaft von Metopus und Caenomorpha in allen untersuchten Lemna-, Chromatium- und Characeen-Teichen. Einmal sah ich zwei Individuen in terminaler Konjugation vereinigt, ähnlich wie es Bütschli (1889, Taf. LVII, Fig. 12c) für *Lacrymaria* abbildet.

Gatt. **Caenomorpha** Perty.

Caenomorpha medusula Perty 1852, S. 140. (Taf. III, Fig. 4.)— 1894 Levander, S. 42—51. (Taf. II, Fig. 15—19.)

Die Gattung Caenomorpha, nach Engelmann „eine der interessantesten und originellsten Infusorienformen", „das merkwürdige, ganz einzig in seiner Art dastehende Infusor", bietet trotz zahlreicher Untersuchungen von Perty an bis zu Levanders ausführlicher Darstellung, immer noch eine ganze Anzahl ungeklärter Fragen, sowohl was die Speziesbegrenzung als auch ganz besonders die Fortpflanzung anbelangt. Kein Forscher hat bis jetzt etwas von der Fortpflanzung, von Teilung oder Konjugation gesehen; auch ich war in dieser Hinsicht nicht glücklicher, obwohl mir im Lauf der Jahre zahlreiche Tiere vor Augen gekommen sind. Wenn nun auch die frühere, hauptsächlich aus dem fast konstanten Zusammenvorkommen von *Metopus* und *Caenomorpha* gefolgerte Auffassung, daß letztere Gattung nur ein besonderes älteres Stadium der ersteren sein möchte, kaum mehr vertreten wird, so drängt sich doch andererseits immer wieder der Gedanke auf, daß die so eigenartige und auch recht variable Gestalt von *Caenomorpha* nicht aus einer direkten gleichhälftigen Teilung hervorgegangen ist, sondern eher das Endglied einer individuellen Entwicklung darstellt, deren Einzelglieder bis jetzt nicht als solche erkannt sind. Ob das von mir in Fig. 21 der Tafel skizzierte nur einmal beobachtete 43 μ lange, 28 μ breite Infusor, das besonders durch den stabartig starren Fortsatz von fast doppelter Körperlänge auffällt, hierher gehört, läßt sich bis jetzt nicht entscheiden; möglich erscheint es mir durchaus. Hier liegt also noch ein interessantes Feld für weitere Untersuchungen vor!

Caenomorpha stellt ebenfalls eine sehr charakteristische Leitform für die typisch sapropelische Lebewelt dar. Sie ist in allen Lemna- Characeen- und Chromatium - Teichen weit verbreitet, wenn auch die jeweilige Individuenmenge meist nur ziemlich gering ist. Ich habe sie zu keiner Jahreszeit vermißt.

Caenomorpha uniserialis LEVANDER 1894, S. 51—55 (Taf. II, Fig. 20—23).

Stets in Gesellschaft der vorhergehenden Art, aber allenthalben nur recht einzeln.

Gatt. **Discomorpha** LEVANDER.

Discomorpha pectinata LEVANDER 1894, S. 55—61 (Taf. III Fig. 26—27, hier *D. medusula* genannt). — 1908 LAUTERBORN S. 659—662 (Taf. XLIII Fig. 21—22).

Körper starr, scheibenförmig, völlig asymmetrisch. Dorsalrand fast halbkreisförmig gebogen, kielartig zugeschärft, vorn in einen ventral gerichteten spitzen Dorn auslaufend. Zwei weitere Dornen auf der rechten Körperhälfte. Ungefähr in der Körpermitte ein gesimsartig vorspringender Wulst, der schief ansteigend den Ventralrand umzieht und auf spangenartigen Bogen mit langen Cilien besetzt ist. Zwei weitere ungleich große Ciliengruppen am Hinterrand. Mund auf der Ventralseite, hinter dem Cilienwulst taschenförmig eingesenkt, mit kammförmig zusammenschließenden Cirren. Makronukleus in der hinteren Körperhälfte, breit elliptisch mit anliegendem ziemlich großen Mikronukleus. Kontraktile Vakuole vor dem Kern, mit deutlichem Kanal ventral nach außen mündend. Länge 60—80 μ.

Discomorpha ist vielleicht die bizarrste Gestalt unter den Infusorien des Faulschlammes und man begreift durchaus, daß LEVANDER das erste der von ihm bei Helsingfors gefundenen zwei Exemplare zunächst für eine Monstrosität ansah. Jedenfalls darf *Discomorpha* als eine der charakteristischsten Leitformen für die sapropelische Lebewelt betrachtet werden, zumal sie auch weniger selten ist als *Dactylochlamys* und *Legendrea*: ich fand sie in den Lemna- und Characeen-Teichen der Umgebung von Ludwigshafen, manchmal fast in jedem untersuchten Schlammtropfen. Die Bewegungen sind ziemlich langsam, schwankend und unbeholfen; sie scheinen hauptsächlich durch die langen Cilien des gesimsartigen Wulstes bedingt zu sein. Die Nahrungsvakuolen enthielten stets nur ganz feine Cellulose- und Detrituspartikel.

Gatt. **Saprodinium** LAUTERBORN.

Saprodinium dentatum LAUTERBORN 1901, S. 54 (*Discomorpha dentata*). — 1908 S. 662—663 (Taf. XLII Fig. 23—24).

Körper starr, asymmetrisch, seitlich fast scheibenförmig zu-



sammengedrückt, der kielartig zugeschärfte Dorsalrand bogenförmig gerundet, vorn in einen ventral gerichteten spitzen Dorn auslaufend. Hinterrand mit acht spitzen aus dreieckiger Basis entspringenden Fortsätzen. Auf der rechten Körperhälfte eine bogenförmig verlaufende hohlkehlartige Rinne, die mit langen Cilien besetzt ist und auch noch etwas nach der linken Körperhälfte übergreift. Eine Cilienreihe parallel dem Dorsalrand, weitere Ciliengruppen auf den spitzen Fortsätzen des Hinterrandes. Mund wie bei *Discomorpha*. Makronukleus meist in der Zweizahl, kugelig. Kontraktile Vakuole nahe dem Hinterrand. Körperlänge 80 μ, Breite 72 μ.

Gewöhnlich in Gesellschaft von *Discomorpha*, meist ziemlich einzeln. Die Bewegungen sind etwas lebhafter als bei der vorhergehenden Gattung; sie werden hauptsächlich durch die Cilien der hohlkehlartigen Rinne bewirkt.

Gatt. **Pelodinium** Lauterborn.

Pelodinium reniforme Lauterborn 1908, S. 663—665 (Taf. XLIII Fig. 29—30).

Körper starr, nierenförmig, am Ventralrand etwas eingebuchtet mit zahnartigen Vorsprüngen, Hinterende mit einer zweigeteilten Einsenkung. Auf der rechten Körperseite vorn ein dem Vorderrand paralleles fein polygonal gefeldertes Band, das noch ein wenig auf die linke Körperseite übergreift und zahlreiche lange Cilien trägt. Auf beiden Seiten daneben noch isolierte längsverlaufende Cilienreihen, weitere breite Ciliengruppen am Hinterrande. Mund wie bei *Discomorpha* und *Saprodinium*. Makronukleus meist in der Zweizahl, Mikronukleus ziemlich groß. Kontraktile Vakuole dem Hinterrande genähert. Körpergröße 40—50 μ.

Ebenfalls eine typisch sapropelische Art, die bisweilen ziemlich zahlreich auftritt. Die Bewegungen sind rascher als bei *Discomorpha*, etwas wackelnd.

Pelodinium, *Saprodinium*, *Discomorpha* bilden eine wohlcharakterisierte Familie, die ich wegen der eigenartigen Mundbewaffnung als Ctenostomiden bezeichnet habe; sie dürften am nächsten mit den Microthoraciden und den Gyrocoriden (*Caenomorpha*) verwandt sein. Beobachtungen über Teilung fehlen bis jetzt vollkommen, so daß möglicherweise auch hier Verhältnisse vorliegen, wie sie bei *Caenomorpha* angedeutet wurden.

Gatt. **Sphaerophrya** CLAP. et LACHM.

Sphaerophrya soliformis LAUTERBORN 1901, S. 51 (*Sph. sol*). — 1908 S. 666 (Taf. XLI Fig. 10)

Diese kleine freilebende Suktorie hat durch ihre dünnen nur schwach geknöpften Tentakel eine gewisse Ähnlichkeit mit Heliozoen. Der Durchmesser des Körpers beträgt 100 μ.

Weit verbreitet in allen untersuchten sapropelischen Gewässern, aber überall recht einzeln.

8. Rotatorien.

Im Vergleich zu der Arten- und Individuenfülle, welche die Rädertiere auf dem sauerstoffreichen Diatomeenschlick am Grunde unserer Gewässer oder in dem braunflockigen Schlamm zwischen Wasserpflanzen wie *Utricularia*, *Myriophyllum* usw. zeigen, ist der Rotatorienbestand des typischen Faulschlammes nur ein recht geringer. Eigentlich charakteristisch dürften in erster Linie *Floscularia atrochoides* WIERZEJSKY, *Atrochus tentaculatus* WIERZEJSKY, *Diglena biraphis* GOSSE, *Diplacidium trigona* (GOSSE), *D. compressum* (GOSSE) sein. Von weiter verbreiteten Arten scheut der gemeine *Rotifer vulgaris* auch den Faulschlamm nicht. Das Tier ist hier fast regelmäßig zu finden und nährt sich auch von Purpurbakterien; die Gewebe enthalten reichlich Glykogen. Weiterhin wären noch *Lepadella salpina* EHRB. (*Metopidia oxysternon* GOSSE) und *Lep.* (*Metopidia*) *triptera* EHRB. zu nennen, die ich im Schlamm von Lemna- und Characeen-Teichen häufiger fand als anderswo.

Im folgenden gebe ich noch einige Bemerkungen über die eigentlichen sapropelischen Rotatorien.

Gatt. **Floscularia** OKEN.

Floscularia atrochoides WIERZEJSKY 1893, S. 312—114.

Diese von A. WIERZEJSKY in einem Tümpel der Umgebung von Krakau entdeckte Art ist sowohl wegen ihrer Größe (ausgestreckt bis 1,5 mm) als auch besonders durch den sehr langen peitschenförmig ausgezogenen und am Ende meist spiralig eingerollten Fuß sehr auffallend. Sie lebt frei ohne Gallerthülle im Schlamm und bewegt sich hier kriechend fort. Ich fand sie bis jetzt immer nur in wenigen Exemplaren in Lemna-Teichen bei Maudach und Neuhofen sowie am Grunde eines tiefen Tümpels in einem Feldgraben bei Bobenheim (südlich von Worms).

Anderwärts scheint, soweit ich sehe, *Fl. atrochoides* bis jetzt noch nicht zur Beobachtung gelangt zu sein.

Gatt. **Atrochus** Wierzejsky.

Atrochus tentaculatus Wierzejsky 1893 b, S. 696—712 (Taf. XXXII).

Ebenfalls eine sehr interessante Gattung, die Wierzejsky in einem mit üppigem Pflanzenwuchs erfüllten Wildteich der Umgebung von Krakau entdeckte und zum Gegenstand einer besonderen Abhandlung machte. Der einzige weitere Fundort außer Krakau ist bis jetzt ein Feldgraben bei Bobenheim, in dessen feinem schwarzen Bodenschlamm ich im Sommer 1898 einige Exemplare des seltsamen Rädertieres ohne Räderapparat fand. Seitdem ist mir *Atrochus* nicht mehr zu Gesicht gekommen.

Gatt. **Diglena** Ehrenberg.

Diglena biraphis Gosse 1851, S. 200. — 1886 Hudson u. Gosse Bd. II, S. 53 (Taf. XIX Fig. 3).

Die vorliegende Art, deren Zugehörigkeit zur Gattung *Diglena* im Sinne Ehrenbergs noch etwas zweifelhaft erscheint, zeigt stets eine lebhaft grüne Färbung ihres Magendarms; die zoochlorellenartigen Körper dürften wohl der aufgenommenen Nahrung entstammen. Nicht sehr selten in Lemna- und Characeenteichen der Rheinebene; bei Plön fand sie Voigt (1904, S. 49) an ganz ähnlichen Lokalitäten.

Gatt. **Diplacidium** Lauterborn.

Diplacidium trigona Gosse 1851, S. 201 (*Diplax trigona*). — 1886 Hudson u. Gosse, Bd. II, S. 82 (Taf. XXII Fig. 9).

Der bisher allgemein angenommene Gattungsname *Diplax* Gosse ist nach den Gesetzen der Nomenklatur unzulässig, da derselbe bereits vor Gosse von Charpentier für eine Libellengattung vergeben war. Ich habe darum 1913 (S. 488) den Gattungsnamen in *Diplacidium* umgeändert. Die ebenfalls 1913 von Harring (S. 74—75) durchgeführte Vereinigung der alten Gattungen *Salpina* Ehrb. und *Diplax* Gosse zur Gattung *Mytilina* Bory de St. Vincent scheint mir zu weitgehend.

D. trigona zeigt dorsal vom Darm eine sich in beide Kiele erstreckende lappige Ansammlung mattglänzender Kugeln, die sich in Osmiumsäure lebhaft bräunen, also jedenfalls aus Fett bestehen.

Die Art ist in allen Gewässern mit Faulschlamm verbreitet, tritt aber niemals in größerer Individuenzahl auf. Auch Voigt (1904, S. 65) nennt sie für die Umgebung von Plön ein echtes Mitglied der sapropelischen Lebewelt.

Diplacidium compressum Gosse 1851, S. 201 (*Diplax compressa*). — 1886 Hudson u. Gosse, Bd. II (S. 82, Taf. XXII Fig. 8).

Meist in Gesellschaft der vorhergehenden Art, aber viel seltener. Bis jetzt hauptsächlich in Lemna-Teichen bei Maudach und Neuhofen.

9. Gastrotrichen.

Die Gastrotrichen sind im Faulschlamm von Lemna-Chromatium- und Characeen-Teichen in einem beim geringen Umfang der Gruppe geradezu überraschenden Reichtum charakteristischer Arten vertreten, darunter Tiere, die zu den seltsamsten Gestalten der mikroskopischen Süßwasserorganismen überhaupt gehören. Zu diesen zählen vor allem die Vertreter der Gattungen *Stylochaeta* und *Dasydytes*, welche an den Seiten des Rumpfes mit Büscheln sehr langer und mit dem Körper gelenkig verbundener Stacheln bewehrt sind. Derartige Anhänge sind für Tiere, welche doch so gut wie ausschließlich im Schlamm leben, recht auffallend: sie finden sich sonst hauptsächlich bei Organismen des Planktons, die in Gestalt und Lebensweise doch vielfach geradezu den biologischen Gegenpol zu den sapropelischen Organismen bilden. Man denke nur an die Rotatorien der Gattungen *Triarthra* und *Polyarthra*, weiter an die freischwimmenden Larven gewisser mariner Polychaeten, von denen manche eine recht weitgehende Ähnlichkeit mit Gastrotrichen der Gattungen *Stylochaeta* und *Dasydytes* aufweisen. Ob in dieser Ähnlichkeit alte phylogenetische Beziehungen zum Ausdruck gelangen, ist hier nicht der Ort zu untersuchen; ich halte es durchaus für möglich[18]).

[18]) Die Gattungen *Stylochaeta* und *Dasydytes* dürften von allen Gastrotrichen gewisse ursprüngliche Charaktere der Ordnung weit treuer bewahrt haben als beispielsweise die Arten der Gattung *Chaetonotus;* es sei hierbei nur an die deutliche Ausprägung des doppelten Wimpernkranzes am Kopfe erinnert. Wenn bei den Spekulationen über die Abstammung und verwandtschaftlichen Beziehungen der Gastrotrichen die Gattung *Chaetonotus* bisher in erster Linie herangezogen wurde, so ist dies in der relativ größeren Häufigkeit ihrer Vertreter begründet; die wenigsten Zoologen dürften bis jetzt lebende *Stylochaeta-* und *Dasydytes*-Arten vor Augen gehabt haben.

Dem verhältnismäßig ansehnlichen Artbestand sapropelischer Gastrotrichen steht, worauf ich schon 1901 (S. 52) gelegentlich hinwies, eine auffallend geringe Individuenzahl derselben gegenüber: ich habe von manchen Arten im Laufe der Jahre noch kein halbes Dutzend Exemplare zu Gesicht bekommen, obwohl ich Tausende von Faulschlammproben durchmusterte, wobei ein bloßes Übersehen dieser so auffallenden Tiere völlig ausgeschlossen ist. Die Gastrotrichen zeigen also in dieser Hinsicht eine bemerkenswerte Übereinstimmung mit gewissen typisch sapropelischen Infusorien.

Im folgenden gebe ich eine Aufzählung der für den Faulschlamm besonders charakteristischen Gastrotrichen, soweit ich dieselben in meinem Untersuchungsgebiete selbst beobachtet habe; gelegentlich mit diesen vorkommende weiter verbreitete Formen wie *Chaetonotus maximus* Ehrb., *Ch. Schultzei* Metschnikoff, *Ch. larus* (O. F. M.), *Lepidoderma ocellatum* Metschnikoff usw. sind dabei nicht besonders berücksichtigt. Weitere sapropelische Formen aus der Umgebung von Plön hat Voigt (1903, S. 90—93, 1904, S. 126—162) beschrieben, dem wir in neuerer Zeit wohl die beträchtlichste Bereicherung des Artbestandes der Gastrotrichen verdanken. Die älteren Arten sind nach Zelinkas grundlegender Monographie (1889, S. 209—384) zitiert.

Gatt. **Gossea** Zelinka.

Gossea antennigera (Gosse). — 1889 Zelinka, S. 354—355 (Taf. XV Fig 7). — 1904 Voigt, S. 152—153 (Taf. VII Fig. 56a, b).

Obwohl bereits im Jahre 1851 von Gosse als *Dasydytes antenniger* beschrieben, scheint die Art später nur noch einmal von Archer in Irland beobachtet worden zu sein. Ich fand im August 1898 mehrere Exemplare im schwarzen Schlamm eines Feldgrabens bei Bobenheim (1901, S. 52), später traf sie Voigt dann auch in der Umgebung von Plön. Die Maße der von mir beobachteten Tiere waren: Körperlänge 200 μ, Breite 40 μ. „Taster" 20 μ lang, 3,6 μ breit. Ein weichschaliges elliptisches Ei, das ein Tier bei sich trug, zeigte 86 μ Länge, 60 μ Breite.

Gatt. **Stylochaeta** Hlava.

Stylochaeta fusiformis (Western) Hlava 1905, S. 331—336. Im Jahre 1901 habe ich unter dem Namen *Dasydites Zelinkai*

kurz eine höchst auffallende Gastrotrichenform geschildert, welche mit keiner der in ZELINKAS Monographie aufgeführten Arten zu identifizieren war. Später hat dann aber HLAVA gezeigt, daß die vermutliche neue Art bereits früher von WESTERN beschrieben worden war, allerdings nicht als Gastrotriche, sondern als — Rädertier unter dem Namen *Polyarthra* (!) *fusiformis*. Der Name hätte also künftighin *Stylochaeta fusiformis* zu lauten.

Im Faulschlamm der Lemna-Teiche namentlich während der kälteren Jahreszeit verbreitet, aber überall nur recht einzeln. Beim Absterben rollt sich das Tier nach der Bauchseite kugelförmig ein und bietet dann durch die allseits abstehenden Stacheln einen recht absonderlichen Anblick dar.

Gatt. **Dasydytes** GOSSE.

Dasydytes saltitans STOKES. — 1889 ZELINKA, S. 350 (Taf. XV Fig. 20). — 1904 VOIGT, S. 147.

Sehr vereinzelt im Faulschlamm eines mit Lemna überwucherten Waldteiches bei Neuhofen. Bis jetzt nur im Winter gefunden.

Dasydytes bisetosus P. G. THOMPSON. — 1904 VOIGT, S. 145 bis 147 (Taf. VII Fig. 53).

Zuerst von P. G. THOMPSON 1891 aus Gewässern der Grafschaft Essex (England) beschrieben, später von VOIGT auch für die Umgebung von Plön nachgewiesen. Ich fand diese recht seltene Art bisher nur einmal in einem Chromatium-Teich nahe dem Altrhein bei Neuhofen.

Dasydytes longisetosus (METSCHNIKOFF). — 1889 ZELINKA, S. 349 (Taf. XV Fig. 21).

Sehr vereinzelt in Lemna- und Characeen-Teichen bei Maudach und Neuhofen.

Gatt. **Lepidoderma** ZELINKA.

Lepidoderma rhomboides STOKES. — 1889 ZELINKA, S. 309 bis 310 (Taf. XV Fig. 4a—d).

Eine der größten Gastrotrichen, deren Länge zwischen 350 bis 390 μ schwankt, wovon 140—153 μ auf die mit knotenförmigen Anschwellungen versehenen Hinterdornen entfallen; die Körperhöhe beträgt 50—55 μ. Bei einem 390 μ langen Exemplar war der Oesophagus 63 μ, der Darm 180 μ lang.



Die auch durch ihre Schlankheit auffallende Art gehört zu den weniger seltenen Gastrotrichen des Faulschlammes; ich habe sie während der kälteren Jahreszeit in keinem der untersuchten Lemna-Teiche vermißt. Einmal traf ich auch ein Exemplar im Sommer im braunflockigen Schlamm zwischen Utricularia-Pflanzen. Die Mehrzahl der untersuchten Tiere war gelblich gefärbt.

Gatt. **Aspidiophorus** Voigt.

Aspidiophorus paradoxus Voigt 1904, S. 128—132 (Taf. VI u. VII Fig. 45a, b, Fig. 49a, b).

Ziemlich einzeln in Lemna- und Characeen-Teichen bei Neuhofen und Maudach, fast ausschließlich in der kälteren Jahreszeit.

Gatt. **Chaetonotus** Ehrenberg.

Chaetonotus arquatus Voigt 1903 (S. 90—93, Fig. A—C). — 1904 S. 138—139.

Bisher nur in den Lemna- und Characeen-Teichen bei Maudach und Neuhofen während des Winters recht einzeln.

Chaetonotus nodicaudus Voigt 1904 (S. 134—137, Taf. V Fig. 42a—d).

Voigt nennt diese Art für die Umgebung von Plön „nicht selten"; ich habe sie hier nur ganz vereinzelt gefunden. Voigts Vermutung, daß diese Art mit *Ch. macracanthus* Lauterborn identisch sei, trifft nicht zu; letztere ist eine Charakterform der Diatomeenrasen am Grund reiner Gewässer und ist mir noch nie im eigentlichen Faulschlamm zu Gesicht gekommen.

Chaetonotus serraticaudus Voigt 1904, S. 137—138 (Taf. V, Fig. 43a—d).

Neben *Lepidoderma rhomboides* Stokes eine der größten Gastrotrichen, die über 500 μ lang wird, leicht kenntlich an dem nicht eingeschnürten, im Umriß riemenförmigen Körper. Sehr einzeln in Lemna- und Characeen-Teichen bei Maudach und Neuhofen während des Winters. — Als weitere typisch sapropelische Gastrotrichen führt Voigt (1904) noch an: *Dasydytes goniathrix* Gosse, *Chaetonotus linguaeformis* Voigt, *Ch. uncinus* Voigt; ich habe diese Arten in meinem Gebiete bis jetzt noch nicht nachweisen können.

10. Die übrigen Tierklassen.

Mit den Rotatorien und Gastrotrichen schließt die Reihe der typisch sapropelischen Organismen. Was von den höheren Tierklassen noch im Faulschlamm vorkommt, trägt mehr oder weniger den Charakter des Gelegentlichen, Zufälligen; keine einzige Form ist in ihrem Vorkommen mehr ausschließlich auf den Faulschlamm beschränkt.

Zu diesen mehr gelegentlichen Mitgliedern der sapropelischen Lebewelt gehören von Nematoden Angehörige der Gattungen *Diplogaster*, *Dorylaimus*, *Trilobus* usw.; von Ohligochaeten fand ich einigemal *Slavina appendiculata* (D'UKEDEM), von Turbellarien *Macrostomum appendiculatum* (O. FABR.) (*M. hystrix* OERST.). Unter den Crustaceen vermögen Arten der Gattungen *Canthocamptus* wie auch *Cyclops* mit sehr geringen Sauerstoffmengen vorlieb zu nehmen und kommen darum auch ab und zu auf der Oberfläche des Faulschlammes vor. Von Daphniden fand ich einmal *Lathonura rectirostris* (O. F. M.) zahlreich zwischen Ceratophyllum-Büschen eines am Boden mit schwefelbakterienreichem Schlamm erfüllten Tümpels; die typisch limikolen Daphniden wie *Iliocryptus*, *Monospilus*, *Leydigia*, gewisse Arten von *Alona* usw. wurden dagegen im eigentlichen Faulschlamm stets vermißt. Dasselbe gilt auch von den Ostrakoden sowie von *Asellus aquaticus*, der im Abwasserschlamm so oft massenhaft auftritt. Tardigraden sind bisweilen durch die eigenartigen Cysten von *Macrobiotus* vertreten. Auffallend selten sind Insekten im Faulschlamm: die Larven von Chironomiden, sonst vielfach charakteristische Abwasserbewohner, fehlen fast völlig, dagegen habe ich einigemale die Larven von *Eristalis tenax* hier getroffen. Auch die Mollusken, Schnecken sowohl wie Muscheln, meiden den schwefelwasserstoffreichen Faulschlamm völlig, ebenso die Fische, obwohl von diesen einige, wie beispielsweise die Karausche (*Carassius carassius* L. spec.) sonst in moorigen Gewässern mit ganz geringem Sauerstoffgehalt noch ausdauern.

Am schärfsten tritt diese Armut an limikolen Würmern, Crustaceen, Insektenlarven, Mollusken naturgemäß in kleineren Tümpeln zu Tag, deren Boden völlig mit Faulschlamm bedeckt ist. In größeren Gewässern, wo sich der Faulschlamm auf einzelne tiefere Stellen beschränkt, wo zudem noch während der wärmeren Jahreszeit eine üppige Vegetation zur Entwicklung gelangt, kann



sich über dem Bereich des Faulschlammes, im freien Wasser und besonders zwischen den Büschen der Sauerstoff spendenden Wasserpflanzen sehr wohl ein recht vielgestaltiges Tierleben entwickeln, das von dem faulschlammfreier Gewässer kaum besonders abweicht. Recht ärmlich ist dagegen meist das eigentliche Plankton: es dürfte dies hauptsächlich daher kommen, daß dessen zu Boden sinkenden Dauerstadien (Cysten, Dauereier) in dem sauerstoffarmen, schwefelwasserstoffreichen Faulschlamm bald ihre Entwicklungsfähigkeit einbüßen.

III. Zur Physiologie und Biologie der sapropelischen Organismen.

1. Die chemischen und physikalischen Bedingungen der nächsten Umwelt.

Die sapropelische Lebewelt in typischer Ausbildung stellt eine Biocoenose dar, die, wie bereits betont, nicht nur morphologisch sondern auch physiologisch ein hohes Interesse beanspruchen darf: entwickelt sie sich doch unter chemischen und physikalischen Bedingungen, die sonst die Entfaltung eines reicheren tierischen und pflanzlichen Lebens nicht nur hemmend sondern in vielen Fällen sogar direkt schädigend beeinflussen.

Die nächste Umwelt der sapropelischen Lebewelt ist besonders durch folgende Eigentümlichkeiten charakterisiert:

1. Das unmittelbare Medium besteht in einem halbflüssigen faulenden organischen Schlamm, der zum größten Teil aus Cellulosereste von Pflanzen sowie Residuen von Tieren besteht, mineralische Bestandteile treten ganz zurück.

2. In der Tiefe dieses Schlammes ist der Zutritt des Lichtes mehr oder weniger gehemmt, ganz besonders in jenen Gewässern, deren Oberfläche von einer dichten Lemna-Decke überzogen ist[19]).

3. Chemisch ist das Medium der sapropelischen Lebewelt gekennzeichnet durch die starke Anreicherung gelöster organischer Substanzen, wie sie bei der Fäulnis des pflanzlichen und tierischen Protoplasmas sowie bei der Gärung der Cellulose entstehen.

4. Bei all diesen Zersetzungsvorgängen findet eine starke Sauerstoffzehrung statt: es herrscht darum in der Tiefe des Faulschlammes stets nur ein ganz geringer O-Gehalt, der bis zum völligen Schwunde dieses Gases gehen kann. Im Gegensatz dazu ist die Entbindung sonst das tierische Leben schädigender Gase eine sehr lebhafte: Methan CH_4, Kohlensäure CO_2, Schwefelwasserstoff H_2S sind stets in reichlichen Mengen vorhanden.

[19]) Im Sommer haben diese Gewässer alle eine niederere Temperatur als offene Becken. Im Winter vermag die Gährung der pflanzlichen Massen die Temperatur etwas zu erhöhen; ich fand wenigstens im Februar unter einer 7 cm starken Eisdecke im Faulschlamm eine Temperatur von 4,6° C., während der normale Schlamm in derselben Tiefe nur 3,9° C. aufwies.

2. Die Atmung.

Bei einer so eigenartigen chemischen Zusammensetzung des Mediums erhebt sich nun vor allem die Frage: Wie vollzieht sich die Atmung der sapropelischen Organismen, vor allem der Tiere?

Es liegt auf der Hand, daß bei dem weitgehenden Mangel an freiem Sauerstoff die normale Oxydationsatmung nur in ganz beschränktem Maße und höchstens an der Oberfläche des Schlammes stattfinden kann. In der Tiefe des Schlammes versagt diese Quelle jedenfalls oft völlig; hier muß also die Betriebsenergie für die vitalen Funktionen der Organismen auf andere Weise gewonnen werden. Es geschieht dies in den meisten Fällen auf dem Wege der sog. intramolekularen Atmung oder Spaltungsatmung, also durch hydrolytische Spaltung bestimmter organischer Verbindungen von hohem Energiewert. Nach dieser Richtung hin kommen in dem an pflanzlichen organischen Stoffen überreichen Faulschlamm in erster Linie die Kohlehydrate und unter diesen vor allem wieder das Glykogen (im weitesten Sinne) in Betracht.

Glykogen ist bei zahlreichen Tieren, welche wie die sapropelischen unter Ausschluß von freiem Sauerstoff, also anaërob oder anoxybiontisch leben, weit verbreitet[20]). Für die Protozoën haben Bütschli, Certes, Maupas, Barfurth u. a. Glykogen bzw. Paraglykogen bei zahlreichen parasitischen sowie fäulnisliebenden Arten festgestellt, während Pütter (1905) experimentell die Bedeutung dieses Kohlehydrates bei der Spaltungsatmung ciliater Infusorien klarzulegen suchte[21]). Unter den Würmern

[20]) Vgl. hierüber die Beobachtungen und zahlreichen Literaturnachweise von E. Weinland: Stoffwechsel der Wirbellosen im Handbuch der Biochemie, Bd. IV 2. Hälfte (1909), S. 446 u. ff.

[21]) Wenn Pütter in seiner anregenden Arbeit den Protozoën überhaupt eine weitgehende Unabhängigkeit von molekularem Sauerstoff zuschreibt, so kann ich ihm nicht folgen. Für das von ihm benutzte Untersuchungsmaterial — parasitische und saprophile Infusorien (*Opalina*, *Balantidium*, *Nyctotherus* einerseits, *Paramaecium*, *Colpoda*, *Spirostomum* andererseits) — trifft seine Anschauung zweifellos zu. Daneben gibt es aber doch auch noch sehr zahlreiche Protozoën der verschiedensten Abteilungen, welche nur in reinem sauerstoffreichem Wasser gedeihen und im Freien wie in den Kulturen sofort verschwinden, wenn in dem Medium ein Sauerstoffschwund durch Fäulnisvorgänge einzutreten beginnt. Hierher gehören nicht nur die eigentlichen Planktonprotozoën sondern auch zahlreiche der zwischen Wasserpflanzen lebenden Formen.

ist Glykogen für eine ganze Reihe von Darmparasiten als konstantes Vorkommen nachgewiesen: so für Cestoden (*Taenia*) bereits von CLAUDE BERNARD, für Trematoden (*Distomum*) von WEINLAND, für Nematoden (*Ascaris*) ebenfalls von WEINLAND, für Acanthocephalen (*Echinorhynchus*) durch WEINLAND und RUDOLF. Der Gehalt an Glykogen ist in all diesen Fällen ein recht hoher und beträgt bei *Ascaris* beispielsweise 20—34 %, bei *Taenia* 15—47 % der Trockensubstanz des Tieres. Im sauerstoffreien Medium wird nach den sehr exakten Versuchen WEINLANDS an *Ascaris* das Kohlehydrat zersetzt, wobei Kohlensäure und eine niedere Fettsäure, in der Hauptsache Valeriansäure abgespalten werden.

Bei den sapropelischen Organismen ist Glykogen bzw. Paraglykogen weit verbreitet. Des hohen Glykogengehaltes von *Lyngbya Lindavii* wurde bereits gedacht. Unter den Rhizopoden ist eines der typischsten Mitgliedern der sapropelischen Lebewelt, die riesige *Pelomyxa palustris* sehr reich an diesem Kohlehydrat, welches in den zahlreichen sog. Glanzkörpern gespeichert ist. Unter den Infusorien geben die Gattungen *Paramaecium*, *Chilodon cucullulus*, *Loxocephalus granulosus* — dieser besonders stark, — *Lacrymaria aquae dulcis*, *Opisthodon niemeccense* ausgeprägte Glykogenreaktionen, unter den Rotatorien vor allem *Rotifer vulgaris*, von den Gastrotrichen *Chaetonotus*.

Bei der — später noch näher auszuführenden — weitgehenden Übereinstimmung der Lebensbedingungen darmparasitärer und sapropelischer Organismen dürften wir für die glykogenführenden Formen der letzteren wohl mit Sicherheit annehmen, daß sie bei ihrer anaërobiontischen Lebensweise ihren Energiebedarf aus der Spaltung des Kohlehydrates decken.

Neben den Glykogen müssen den Bewohnern des Faulschlammes aber auch noch andere Energiequellen zur Verfügung stehen. So ist es mir beispielsweise nie gelungen, bei der so typisch sapropelischen Familie der Ctenostomiden Glykogen nachzuweisen; die Behandlung mit Jodjodkalium ließ bei diesen Infusorien niemals eine braunrote, sondern stets nur eine gelbliche Färbung des Zellinnern hervortreten. Hier wie in anderen Fällen dürften wohl bestimmte Proteine die Energiequelle darstellen. Bei dem Rädertier *Diplacidium trigona* scheinen die reichlichen Fettansammlungen dorsal vom Darm nach dieser Richtung hin eine Rolle zu spielen.

Jedenfalls liegt hier noch ein sehr interessantes Feld für weitere Forschungen vor!



3. Die „Pseudovakuolen" sapropelischer Bakterien und Cyanophyceen.

Es mag vielleicht auffallen, wenn ich die Pseudovakuolen der Cyanophyceen und Bakterien gerade an dieser Stelle behandle. Es geschieht dies darum, weil diese Gebilde so konstante und charakteristische Einschlüsse zahlreicher sapropelischer Schizophyten darstellen, daß sie in irgend einer bedeutsamen Beziehung zum sapropelischen Leben stehen müssen.

Die Pseudovakuolen sind zuerst bei planktonischen, eine „Wasserblüte" bildenden Cyanophyceen beobachtet worden. Anfangs für Schwefelkörnchen gehalten, wurden sie von STRODTMANN (1895) und KLEBAHN (1895) auf Grund der auffallenden Erscheinung bei Druck zu verschwinden, für Gasvakuolen erklärt, die das Aufsteigen und Schweben der Algen bewirken sollten. Die Gasnatur des Vakuoleninhaltes wurde später von BRAND (1901, 1906) bezweifelt und dann, man kann wohl sagen endgültig, von MOLISCH (1903, 1906) widerlegt. Diesem Forscher gelang es auch, die angeblichen Gasvakuolen zu isolieren und festzustellen, daß diese „entweder flüssigen oder festen Aggregatzustand besitzen oder ein Mittelding zwischen beiden, etwa wie bei dickflüssigem Syrup, Harz oder beim Protoplasma". 1906 schlug MOLISCH für die Gebilde, die er auch bei Purpurbakterien nachweisen konnte, den Namen Schwebekörper oder Airosomen vor.

Ich glaube nun, daß diese Bezeichnung der eigentlichen Natur der fraglichen Zelleinschlüsse nicht in vollem Umfange gerecht wird und ziehe darum den indifferenten bereits von LEMMERMANN (1910, S. 11—13) gebrauchten Namen Pseudovakuolen vor[22]). Die „Schwebekörper" sind nämlich durchaus nicht nur auf die freischwebenden Algen und Bakterien beschränkt, sondern finden sich auch, worauf schon BRAND und LEMMERMANN hinwiesen, auch bei grundbewohnenden Formen. Am deutlichsten sind sie hier wiederum bei den sapropelischen Formen ausgebildet, also gerade bei denjenigen Arten, die normalerweise stets in der Tiefe, auf und bisweilen selbst im Schlamm vegetieren und kaum jemals in höhere Schichten aufsteigen: Pseudovakuolen von solcher Größe und Schärfe, wie sie beispielsweise *Oscillatoria Lauterbornii*

[22]) Der Anschauung LEMMERMANNS (1910, S. 13), daß die Pseudovakuolen Schutzorgane gegen allzu intensive Lichtwirkung darstellen, kann ich mich allerdings in keiner Weise anschließen.

oder *Lyngbya Hieronymusii* aufweisen, besitzt keine einzige der mir bekannten planktonischen Cyanophyceen. Ausdrücklich sei hierbei betont, daß die Pseudovakuolen der sapropelischen Cyanophyceen genau dieselben Reaktionen ergeben wie diejenigen der freischwebenden: sie verschwinden bei Druck und beim Erwärmen, ebenso in schwachen Mineralsäuren, Essigsäure, Kali- und Natronlauge, Alkohol usw.

So leicht es nun ist nachzuweisen, daß die Erhöhung der Schwebefähigkeit kaum die Hauptfunktion der Pseudovakuolen sein kann, so schwer ist es über die eigentliche Bedeutung dieser Gebilde ein Urteil abzugeben, umsomehr, als die bis jetzt vorliegenden Beobachtungen über deren chemische Natur unzureichend sind. Der Umstand, daß die Pseudovakuolen der Cyanophyceen und Bakterien ihre höchste Entfaltung unter den eigenartigen Lebensbedingungen des sapropelischen Mediums erlangen, legt den Gedanken nahe, daß dieselben hier ein physikalisch sehr labiles Stoffwechselprodukt gespeichert enthalten, das als Energiequelle verwendet werden kann. Eine ähnliche physiologische Funktion wäre auch für die Gasvakuolen der planktonischen Cyanophyceen nicht ausgeschlossen. Wir dürfen nämlich nicht vergessen, daß die eine „Wasserblüte" bildenden blaugrünen Algen wie beispielsweise *Clathrocystis aeruginosa*, *Anabaena flos aquae* Massenentfaltungen nur in solchen Gewässern zeigen, die reich an gelöster organischer N-haltiger Substanz (sowie an Chloriden) sind. In einem derartigen Medium kann es aber in warmen schwülen Nächten, wo die Assimilation ruht, die Atmung der zu einer „Wasserblüte" dicht zusammengedrängten Algen sowie der Tiere aber fortdauert, leicht zu einer beträchtlichen Sauerstoffzehrung kommen, die unter Umständen selbst Fischsterben hervorzurufen vermag. In diesem Zusammenhang wäre auch bis zu einem gewissen Grade zu verstehen, warum die Cyanophyceen an organischen Verbindungen armer Gewässer kaum jemals Pseudovakuolen zur Ausbildung bringen.

4. Die spezifische Schwere einiger sapropelischer Organismen.

Es ist in dieser Arbeit früher schon einmal darauf hingewiesen worden, daß die typisch sapropelische Lebewelt in vieler Hinsicht gewissermaßen den biologischen Gegenpol zur planktonischen bildet. Während wir bei der letzteren eine ganze Reihe von Einrichtungen



treffen, die auf verschiedenen Wegen darauf hinwirken, den Organismen ein möglichst niederes spezifisches Gewicht zu verleihen, und sie so befähigen, mit geringstem Kraftaufwand sich im freien Wasser schwebend zu erhalten, treffen wir bei gewissen sapropelischen Organismen Zelleinschlüsse von so hohem spezifischem Gewicht, daß dieselben geradezu als Beschwerer wirken müssen.

Das gilt besonders für zwei kryptopelisch, d. h. in der Tiefe des Faulschlammes lebende Organismen, das den Schwefelbakterien nahestehende *Achromatium oxaliferum* Schew. sowie für den Rhizopoden *Pelomyxa palustris* Greef, beide Riesenformen ihres Geschlechtes. *Achromatium* ist durch seine Calciumoxalat-Kugeln, *Pelomyxa* durch ihre Paraglykogen-Körper so schwer, daß beide, wie schon früher hier hervorgehoben, selbst durch eine ansehnliche Schlammschicht rasch passiv hindurchsinken und darum in den Kulturgefäßen sich immer am Boden ansammeln. Daß diese ausgesprochene Kryptopelie von *Achromatium* und *Pelomyxa* sehr wesentlich durch die genannten Inhaltskörper bedingt wird, erscheint mir kaum zweifelhaft, auch wenn die physiologische Hauptfunktion der Zelleinschlüsse auf anderem Gebiete liegt.

5. Sapropelische und parasitische Infusorien.

Wenn wir Umschau halten, welche Lebensgenossenschaft von Tieren mit derjenigen des Faulschlammes die meiste Ähnlichkeit besitzt, so lenkt sich der Blick des Protozoenforschers auf ein scheinbar recht weit entferntes Gebiet: auf die Bewohner des Darmes der pflanzenfressenden Wiederkäuer und des Coecums der Equiden.

Die physikalischen und chemischen Bedingungen der nächsten Umwelt zeigen an beiden Stätten eine viel weitergehende Übereinstimmung als es im ersten Augenblick wohl scheinen möchte. Der Rumen der Wiederkäuer, das Coecum der Pferde sind erfüllt mit einem Brei von Cellulosetrümmern, der physikalisch ähnliche Bedingungen darbietet, wie die zerfallenden Pflanzenmassen des Faulschlammes am Grunde der Gewässer. Da wie dort umspült eine an gelösten organischen Stoffen reiche Flüssigkeit die zwischen den Pflanzenresten hausenden Tiere, da wie dort wird die Gasatmosphäre durch die Produkte der Cellulosegärung, also durch reichliche Mengen von Methan, Kohlensäure usw. charakterisiert;

Sauerstoff fehlt. Wesentlich verschieden ist eigentlich nur die Temperatur; übereinstimmend ist bis zu einem gewissen Grade die Dunkelheit, die an beiden Stätten herrscht.

Wir haben im systematischen Teile bereits gesehen, daß der Faulschlamm durch eine auffallend große Anzahl seltsam gestalteter Infusorien ein besonderes Gepräge erlangt. Ähnliche bizarre Formen finden sich nun auch in beträchtlicher Artenzahl im Rumen der Wiederkäuer sowie im Coecum des Pferdes, wie ein Blick auf die Abbildungen von Schuberg (1888), Fiorentini (1890), Eberlein (1895), Bundle (1895) u. a. erkennen läßt.

Eine weitere Gruppe durch ihre eigenartige Körpergestalt auffallender Protozoen bilden die *Trichonymphiden*, die in ihrem Bau Merkmale der Flagellaten und Infusorien vereinen. Auf ihre Ähnlichkeit mit den im Darm der Wiederkäuer und Equiden hausenden Infusorien hat schon Doflein (1901, S. 245) hingewiesen. Diese Trichonymphiden leben nun vorherrschend im Darm von holzfressenden Termiten, also auch an einem Orte, der mit Resten von Cellulose erfüllt ist.

So sehen wir also an einer Reihe von Stätten lebhafter Cellulosegärung eine Infusorienfauna von ganz eigener Formgestaltung entwickelt. Bei aller Verschiedenheit der Typen im einzelnen — jede der Stätten hat ihre eigentümliche wohlcharakterisierte Fauna — zeigen doch zahlreiche Infusorien da wie dort übereinstimmend gewisse gemeinsame Züge in der Ausprägung der Körpergestalt, die wir wohl als Formreaktionen auf die speziellen Bedingungen der nächsten Umwelt, vor allem auf das Leben innerhalb des Cellulosebreies ansprechen dürfen. Hierher gehört zunächst die panzerartige Erhärtung der Pellicula, wofür im Faulschlamm die Gattungen *Discomorpha*, *Saprodinium*, *Pelodinium*, *Dactylochlamys* usw., im Rumen der Wiederkäuer sowie im Pferde-Coecum die Gattungen *Entodinium*, *Diplodinium*, *Ophryoscolex*, *Didesmys*, *Cycloprosthium* entsprechende Beispiele bieten. Häufig findet sich bei diesen starren Formen das Hinterende in spitze Fortsätze, Dornen und Stacheln ausgezogen, die im Faulschlamm den Gattungen *Saprodinium*, *Discomorpha* sowie *Caenomorpha*, im Wiederkäuermagen usw. den Angehörigen der Gattungen *Ophryoscolex*, *Entodinium*, *Diplodinium*, ein so auffallendes Aussehen verleihen. Eine derartig starre Pellicula muß Tieren, welche sich ständig zwischen dichtgedrängten — im Rumen der Wiederkäuer dazu noch lebhaft hin- und hergeschobener — Massen von Cellulosetrümmern

hindurchzuzwängen haben, schon rein mechanisch einen beträchtlichen Schutz verleihen. Wahrscheinlich wirkt auch die Torsion des Körpers, wie wir sie im Faulschlamm bei *Metopus*, *Caenomorpha*, *Dactylochlamys*, *Tropidoatractus*, teilweise auch bei *Spirostomum*, im Termitendarm bei *Trichonympha*, *Pyrsonympha* ausgeprägt finden, in demselben Sinne, ganz besonders bei den weichhäutigen Formen, deren Körper durch die Spiralwindungen gewissermaßen eine Versteifung erfährt. Weniger leicht zu erklären ist die Ausbildung oft gruppenweise angeordneter langer, fast geißelartiger Cilien besonders bei den Infusorien mit starrer Pellicula. Wir finden dieselben im Faulschlamm bei den Gattungen *Dactylochlamys*, *Caenomorpha*, *Discomorpha*, *Pelodinium*, *Saprodinium*, im Coecum der Pferde bei *Didesmys*, *Paraisotricha*, *Blepharocoris*, im Termitendarm bei *Trichonympha*, *Joenia*, sowie bei *Lophomanas*. Weit verbreitet ist auch eine leicht gelbliche Färbung der Infusorien sowie das reichliche Vorkommen von Paraglykogen, das in dem sauerstoffreien Medium intramolekular veratmet wird.

Aus vorstehenden Ausführungen ergibt sich also eine bemerkenswerte Übereinstimmung in der Lebensweise sapropelischer und darmparasitärer Organismen, eine Übereinstimmung, die so weit geht, daß sie den beiderseits vorkommenden Infusorien auch morphologisch eine ganze Reihe gemeinsamer Züge aufprägt. Diese Feststellung scheint mir nicht ohne Bedeutung für die Frage nach der Herkunft der Parasiten überhaupt: zeigt sie doch, daß ein Übergang von der freilebenden zur parasitären, speziell darmparasitären Lebensweise bei keiner Biocoenose unserer Gewässer sich weniger schroff, unter weniger grundlegenden Änderungen der allgemeinen Existenzbedingungen (u. a. auch der osmotischen) vollziehen würde als bei den Mitgliedern der sapropelischen Lebewelt[23]).

---

[23]) Ganz allgemein scheint in verunreinigten, d. h. an gelösten organischen sowie an gewissen mineralischen Stoffen (Chloriden usw.) reichen Gewässern, die Entwicklung sowie der Übergang parasitärer Bakterien und Protozoën auf den tierischen Organismus weit leichter zu erfolgen als in reinen nährstoffarmen Gewässern. Bei der bekannten Beulenkrankheit der Barben (*Myxoboliasis tuberosa* Hofer) war es mir immer sehr auffallend, daß dieselbe in den letzten Jahrzehnten des vergangenen Jahrhunderts am verheerendsten in solchen Flüssen aufzutreten begann, deren Wasser durch Salzlagerstätten in ihrem Gebiete besonders reich an Chloriden ist (Mosel, Neckar, Hochrhein zwischen Rheinfelden und Basel).

6. Sapropelische und Abwasserorganismen.

Der Begriff der „sapropelischen Lebewelt", wie ich denselben im Jahre 1901 aufstellte und umgrenzte, umfaßte in erster Linie die Tiere und Pflanzen des Faulschlammes natürlicher, d. h. vom Menschen in keiner Weise beeinflußter Gewässer. Gleichzeitig wies ich in der genannten Arbeit aber auch darauf hin, daß der sapropelischen Lebewelt eine besondere Bedeutung noch dadurch zukommen dürfte, daß zahlreiche und sehr charakteristische Formen aus ihrem Bestande auch in den durch fäulnisfähige Abwässer verunreinigten Gewässern sich wiederfinden. Seit jener Zeit [24]) hat die Lehre von den Abwasserorganismen durch die Arbeiten von Hofer, Kolkwitz, Lauterborn, Marsson, Schiemenz, Thienemann, Volk u. a. mannigfache Förderung erfahren. Wir sind jetzt im Stande, auf biologischem Wege, d. h. auf Grund des jeweiligen Vorkommens bestimmter Organismen die Verunreinigung der Gewässer nach Herkunft, Stärke und Ausdehnung weit schärfer festzustellen, als dies mit Hilfe der früher allein üblichen chemischen und bakteriologischen Methoden möglich war. Wir haben dabei auch einen immer klareren Einblick in die Vorgänge bei der Selbstreinigung unserer Gewässer gewonnen und vermögen die fortschreitende Aufarbeitung der zugeführten Schmutzstoffe im Spiegelbilde einer entsprechenden Wandlung der Tier- und Pflanzenwelt direkt zu verfolgen.

Für all jene Organismen, welche in ihrem Auftreten eine Abhängigkeit von zersetzlichen organischen Nährstoffen erkennen lassen, haben Kolkwitz und Marsson (1902) den Namen Saprobien vorgeschlagen und 1908 eine Oekologie der pflanzlichen, 1909 eine solche der tierischen Saprobien gegeben. Sie unterscheiden hierbei je nach dem Grade der Selbstreinigung bzw. der Mineralisierung der organischen Stoffe Polysaprobien, Mesosaprobien — die wieder in α- (stark) und β- (schwach) Mesosaprobien zerfällt werden — sowie Oligosaprobien. Die Organis-

[24]) Für die biologische Beurteilung der Abwässer nach ihrer Tier- und Pflanzenwelt ist das schon 1898 erschienene Buch von C. Mez: Mikroskopische Wasseranalyse — trotz mancher Schwäche im einzelnen — in vieler Beziehung bedeutungsvoll gewesen. Es muß daher auffallen, daß dieses Werk in gewissen historischen Übersichten der Abwasserbiologie sowie in gewissen Literaturzusammenstellungen durchaus nicht die Berücksichtigung gefunden hat, die ihm nach Inhalt und Zeit seines Erscheinens zweifellos zukommt.

men ganz reiner Gewässer werden Katharobien genannt. Uns interessiert hier zunächst nur die Zone der Polysaprobien. Dieselbe wird nach den Angaben von KOLKWITZ und MARSSON (1908, S. 507) charakterisiert durch „das Überwiegen von Reduktions- und Spaltungsprozessen, durch Mangel oder geringen Gehalt an Sauerstoff, durch Reichtum an Kohlensäure und u. a. relativ hohen Gehalt an stickstoffhaltigen zersetzungsfähigen Nährstoffen; der Schlamm dieser Zone ist häufig reich an Schwefeleisen.“ Biologisch zeichnet sich die Zone „vor allem durch den Reichtum an Schizomyceten nach Individuenzahl, Spezies und Gattungen aus.“

Wenn irgend eine Biocoenose der freien Natur den Namen „polysaprob“ verdient, ist es sicherlich die sapropelische Lebewelt. Die ganze oben wiedergebene Charakteristik paßt Wort für Wort auch auf den Faulschlamm der Lemna-Characeen- und Chromatium-Teiche. Man sollte nun wohl erwarten, die Charakterformen dieses Schlammes unter den „Polysaprobien“ zu finden. Für die Schizomyceten *Beggiatoa*, *Lamprocystis*, *Chromatium* trifft dies auch zu. Anders jedoch bei den Tieren: von diesen wird von KOLKWITZ und MARSSON kaum eine einzige der mit *Beggiatoa*, *Lamprocystis*, *Chromatium* zusammen vorkommenden wirklich typisch sapropelischen Formen unter den „Polysaprobien“ aufgezählt. Was zur Erwähnung gelangt, wird den Mesosaprobien zugezählt, wobei Infusorien wie *Metopus pyriformis*, *M. contortus*, *Opisthodon*, *Plagiopyla*, Rädertiere wie *Atrochus*, *Floscularia atrochoides*, Gastrotrichen wie *Lepidoderma rhomboides*, *Dasydytes saltitans*, *D. longisetosum*, *Stylochaeta* sogar nur „schwach (β) mesosaprob“ sein sollen. Das ist ganz unmöglich, wenn man weiter sieht, daß KOLKWITZ und MARSSON unter ihren „β-Mesosaprobien“ von anderen schlammbewohnenden Formen selbst Fische wie den Aal, Würmer wie *Criodrilus*, *Rhynchelmis*, *Haemopis sanguisuga*, Mollusken wie *Unio tumidus*, *Lithoglyphus naticoides* usw. aufführen.

Diese wenigen Stichproben dürften genügen, um zu zeigen, daß die Mesosaprobien im Sinne von KOLKWITZ und MARSSON selbst in ein und derselben Biocoenose wie z. B. im Grundschlamm, Tiere von sehr verschiedenen Ansprüchen zusammengewürfelt enthalten. Das gilt nicht nur für die Gruppe als Ganzes, sondern auch für die beiden Unterabteilungen, deren Auseinanderhaltung im Einzelnen zudem manchmal doch etwas gar zu künstlich und gesucht erscheint, wie schon die zahlreichen Unbestimmtheiten und Abschwächungen („vielleicht auch polysaprob, neigt zur α

(bzw. β) mesosaproben Lebensweise, auch oligosaprob" usw.) erkennen lassen. Auf eine Reihe weiterer Unstimmigkeiten zwischen den Angaben von Kolkwitz-Marsson und meinen Befunden näher einzugehen, ist hier nicht der Ort. Es kann dies erst geschehen, wenn die in Aussicht gestellte zusammenfassende Arbeit erschienen sein wird, da diese die eingehende Darlegung der Erwägungen bringen soll, welche für die Einreihung der einzelnen saproben Organismen in die entsprechenden Zonen maßgebend waren. Hoffentlich ist dieses für die Abwasser-Biologie begrüßenswerte Unternehmen durch Marssons vorzeitigen Tod nicht in allzuweite Ferne gerückt!

Schlußwort.

Die vorliegende Arbeit ist im Frieden begonnen und während des Krieges vollendet worden. In dieser gewaltig bewegten Zeit, die auch an den Forscher so ganz anders geartete Anforderungen stellte, war es nicht immer möglich, gewisse Lücken der Beobachtungen sowie manche erst bei der Ausarbeitung auftauchende Fragen überall so zu ergänzen und so klarzustellen, wie ich es selbst wohl gerne gewünscht hätte. Wenn daher namentlich die Schilderungen der Schizomyceten im wesentlichen auf Beobachtungen am lebenden Objekte gegründet sind, wenn weiterhin an anderen Stellen statt eines tieferen Eindringens in diese oder jene Frage öfter nur die allgemeinen Richtlinien gezogen, nur Hinweise, Andeutungen und Anregungen gegeben wurden, so wolle dies den besonderen Zeitumständen zugute gehalten werden. Die sapropelische Lebewelt umschließt einen solchen Reichtum morphologisch interessanter Gestalten und birgt in sich eine solche Fülle physiologischer und biologischer Probleme, daß sie der Einzelne niemals erschöpfen wird. Nur gemeinsame Arbeit kann hier zum Ziele führen.

Literaturverzeichnis.

1895 F. Blochmann: Mikroskopische Tierwelt des Süßwassers. Abt. I.: Protozoa. 134 S., 8 Tafeln.

1901 F. Brand: Bemerkungen über Grenzzellen und über spontan rote Inhaltskörper der Cyanophyceen. In Ber. Deutsch. Botan. Gesellschaft, Bd. 19 (1901), S. 152—159.

1906 F. Brand: Über die sogenannten Gasvakuolen und die differenten Spitzenzellen der Cyanophyceen. In: Hedwigia, Bd. 45 (1906), S. 1—15.

1914 J. Buder: Chloronium mirabile. In: Berichte d. Deutsch. Bot. Gesellschaft, Bd. 31 (1913), S. (80—92). Mit Tafel XXIV.

1895 A. Bundle: Ciliate Infusorien im Coecum des Pferdes. In: Zeitschrift f. wiss. Zoologie, Bd. 60 (1895), S. 284—350. Mit Taf. XV—XVI.

1889 O. Bütschli, Protozoa, 3. Abteilung: Infusorien und System der Radiolarien.

1900 M. A. Certes: Colorabilité élective «intra vitam» des filaments sporifères du Spirobacillus gigas (Cert.) etc. In: Compt. rend. Association franc. pour l'avancement des sciences. August 1900. 9 S. mit 1 Tafel.

1851—1861 E. Claparède et J. Lachmann: Etudes sur les Infusoires et les Rhizopodes. In: Mém. Institut Genevoise. Tome V—VII.

1877 F. Cohn: Untersuchungen über Bakterien. In: Beiträge zur Biologie der Pflanzen. 3. Heft (1875), S. 141—207. Mit Taf. V. u. VI.

1912 C. Dobell: Researches on Spirochaetes and related organismes. In: Archiv f. Protistenkunde, Bd. 26 (1912), S. 117—240. Mit Taf. 13—17.

1901 F. Doflein: Die Protozoen als Parasiten und Krankheitserreger. Jena 1901.

1858 E. Eberhard: Infusorienforschungen. In: Programm der Realschule Coburg 1858. S. 21—50. Mit 2 Tafeln.

1862 E. Eberhard: Zweite Abhandlung über die Infusorienwelt. In: Programm der Realschule Coburg 1862, S. 1—26. Mit 3 Tafeln.

1895 R. Eberlein: Über die in Wiederkäuermagen vorkommenden ciliaten Infusorien. In: Zeitschrift f. wiss. Zoologie, Bd. 59 (1895), S. 233 bis 304. Mit Taf. 16—18.

1838 Ch. G. Ehrenberg: Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen.

1848 Ch. G. Ehrenberg: Beobachtung zweier genetisch neuer Formen des Frühlingsgewässers bei Berlin als lebhaft grüne Wasserfärbung. In: Monatsberichte der Berliner Akademie, 1848, S. 233—237.

1862 Th. W. Engelmann: Zur Naturgeschichte der Infusorien. In: Zeitschr. f. wiss. Zoologie, Bd. 11 (1862), S. 347—393. Taf. 28—31.

1882 Th. W. Engelmann: Zur Biologie der Schizomyceten. In: Botan. Zeitung, Bd. 40 (1882), S. 185.

1908 E. Fauret-Frémiet: Sur deux Infusoires nouveaux de la famille des Trachelidae. In: Bullet. Soc. Zoolog. France. Vol. 33 (1908) S. 15—16.

1890 A. Fiorentini: Intorno ai protisti dello intestino degli Equini. Pavia 1890.

1892 F. Förster: Über eine merkwürdige Erscheinung bei Chromatium Okenii Ehrb. sp. In: Zentralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde, Bd. XI (1892), S. 257—264. Mit 1 Tafel.

1897 J. Frenzel: Neue oder wenig bekannte Süßwasserprotisten. I. Modderula hartwigi n. g. n. sp. In: Biolog. Centralblatt, Bd. XVII (1897), S. 801—808.

1851 P. H. Gosse: Catalogue of Rotifera found in Britain. In: Annals of Natural History, 1851, S. 197 u. ff.

1886 P. Gourret et P. Roeser: Les Protozoaires du Vieux-Port de Marseille. In: Archives d. Zoologie expérimentale et générale. 2. Serie. Tome 4 (1886). Mit Taf. 28—35.

1874 R. Greef: Pelomyxa palustris, ein amöbenartiger Organismus des Süßwassers. In: Archiv f. mikr. Anatomie, Bd. 10 (1874), S. 51—73.

1913 H. K. Harring: Synopsis of the Rotatoria. In: Smithsonian Institution U. S. National Museum Bull. 81. 226 Seiten.

1903 G. Hinze: Thiophysa volutans, ein neues Schwefelbakterium. In: Berichte d. Deutsch. Bot. Gesellschaft. Bd. XXI (1903), S. 309. Taf. XV.

1913 G. Hinze: Beiträge zur Kenntnis der farblosen Schwefelbakterien. In: Berichte d. Deutsch. Botan. Gesellschaft, Bd. XXXI (1913), S. 189—202. Mit Taf. IX.

1905 S. Hlava: Über die system. Stellung von *Polyarthra fusiformis.* In: Zoolog. Anzeiger, Bd. 28 (1905), S. 331—336.

1886 C. T. Hudson and P. H. Gosse: The Rotifera or Wheel-Animalculs. 2 Bde. u. Suppl. London 1886—1889.

1881—1882 W. S. Kent: A Manual of the Infusoria, Bd. II u. III (Atlas). London 1881—1882.

1895 H. Klebahn: Gasvacuolen, ein Bestandteil der Zellen der wasserblütebildenden Phycochromaceen. In: Flora, Bd. 80 (1895), Heft 1.

1897 H. Klebahn: Bericht über einige Versuche, betreffend die Gasvacuolen von Gloiotrichia echinulata. In: Forschungsberichte Biolog. Station Plön, Teil 5 (1892), S. 166—179.

1909 R. Kolkwitz: Schizomycetes. In: Kryptogamenflora der Mark Brandenburg, Bd. V, 1. Heft, S. 1—186.

1908 R. Kolkwitz und M. Marsson: Ökologie der pflanzlichen Saprobien. In: Berichte Deutsch. Botan. Gesellsch., Bd. XXVI (1908), S. 505—519.

1909 R. Kolkwitz und M. Marsson: Ökologie der tierischen Saprobien. In: Intern. Revue d. ges. Hydrobiologie u. Hydrographie, Bd. II (1909), S. 126—152.

1892, 1898 W. Kühne: Bedeutung des Sauerstoffs für die vitale Bewegung. In: Zeitschrift f. Biologie, Bd. 35 (1897), S. 43. Bd. 36 (1898), S. 1.

1898 R. Lauterborn: Über Modderula hartwigi Frenzel. In: Biol. Zentralblatt, Bd. XVIII (1898), S. 95—97.

1901 R. LAUTERBORN: Beiträge zur Mikrofauna und -flora der Mosel. Mit bes. Berücksichtigung der Abwasserorganismen. In: Zeitschrift f. Fischerei, Bd. IX (1901), S. 1—25.

1901 R. LAUTERBORN: Die „sapropelische" Lebewelt. In: Zoolog. Anzeiger, Bd. XXIV (1901), S. 50—55.

1906 R. LAUTERBORN: Zur Kenntnis der sapropelischen Flora. In: Allgem. Bot. Zeitschrift, 1906, S. 196—197.

1908 R. LAUTERBORN: Protozoënstudien. V. Teil: Zur Kenntnis einiger Rhizopoden und Infusorien aus dem Gebiete des Oberrheins. In: Zeitschrift f. wiss. Zoologie, Bd. XC (1908), S. 645—669. Mit Taf. XLI—XLIII.

1913 R. LAUTERBORN: Zur Kenntnis einiger sapropelischer Schizomyceten. In: Allgem. Bot. Zeitschrift, Bd. XIX (1913), S. 97—100.

1913 R. LAUTERBORN: Rotatoria. In: Handwörterbuch der Naturwissenschaften, Bd. 8 (1913), S. 483—495.

1913 R. LAUTERBORN: Süßwasserfauna. In: Handwörterbuch der Naturwissenschaften, Bd. 9 (1913), 60 Seiten.

1905 E. LEMMERMANN: Brandenburgische Algen. III. Neue Formen. In: Plöner Forschungsberichte, Bd. XII (1905), S. 145—153. Mit Taf. IV.

1910 E. LEMMERMANN: Kryptogamenflora der Mark Brandenburg. III. Bd.: Algen. Leipzig 1910.

1914 E. LEMMERMANN: Flagellaten. I. In: PASCHERS Süßwasserflora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Heft 1.

1894 K. M. LEVANDER: Beiträge zur Kenntnis einiger Ciliaten. In: Acta Soc. pro Fauna et Flora fennica. Bd. IX (1894), No. 7. 87 S. mit 3 Tafeln.

1904 M. MARSSON: Die Abwasserflora und -fauna einiger Kläranlagen bei Berlin und ihre Bedeutung für die Reinigung städtischer Abwässer. In: Mitteilungen d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung. Heft 4 (1904), S. 125—166.

1901 J. MASSART: Recherches sur les Organismes inférieurs. V.: Sur le protoplasme des Schizophytes. In: Mémoires couronnés et autres Mémoires publiés par l'Académie royale de Belgique, Bd. LXI (1901), 40 S. mit 6 Tafeln.

1900 W. MIGULA: System der Bakterien, Bd. II.

1903 H. MOLISCH: Die sogenannten Gasvakuolen und das Schweben gewisser Phycochromaceen. In: Botan. Zeitung, Bd. 61 (1903), S. 47—58.

1906 H. MOLISCH: Zwei neue Purpurbakterien mit Schwebekörperchen. In: Botan. Zeitung, Bd. 64 (1906), S. 223—232. Mit Taf. VIII.

1907 H. MOLISCH: Die Purpurbakterien. Mit 4 Tafeln.

1912 H. MOLISCH: Neue farblose Schwefelbakterien. In: Zentralbl. f. Bakteriologie, Bd. 33 (1912), 2. Abteilung, S. 55.

1786 O. F. MÜLLER: Animalcula infusoria, fluviatilia et marina. Hafniae et Lipsiae 1786. Mit 50 Tafeln.

1903 G. NADSON: Die Mikroorganismen als geologische Faktoren. I. Über die Schwefelwasserstoffgärung im Weissowo-Salzsee und über die Beteiligung der Mikroorganismen bei der Bildung des Schwarzen Schlammes (Heilschlammes).

1906 G. Nadson: Zur Morphologie der niederen Algen. In: Bulletin Jardin Botanique de St. Petersbourg, Bd. 6 (1906).

1909 K. Nägler: Eine neue Spirochaete aus dem Süßwasser. In: Zentralblatt für Bakteriologie, I. Abt., Bd. 50 (1909), S. 445—447.

1905 W. Omelianski: Der Kreislauf des Schwefels. In: Lafars Handbuch der techn. Mykologie, Bd. 3, S. 214—244.

1905 W. Omelianski: Die Cellulosegärung. In: Lafars Handbuch der techn. Mykologie, Bd. 3, S. 245—268. Mit Taf. VII.

1914 E. Penard: Un curieux Infusoire Legendrea bellerophon. In: Revue Suisse de Zoologie, Bd. 22 (1914), S. 407—432. Mit Tafel 12.

1852 M. Perty: Zur Kenntnis kleinster Lebensformen nach Bau, Funktionen, Systematik, mit Spezialverzeichnis der in der Schweiz beobachteten. Mit 17 Tafeln. Bern 1852.

1905 A. Pütter: Die Atmung der Protozoën. In: Zeitschrift f. allgem. Physiologie, Bd. V (1905), S. 566—612.

1862 A. Quennerstedt: Bidrag till Sveriges Infusorierfauna. In: Acta Soc. Lundensis, Bd. IV (1862), 47 Seiten, 2 Tafeln.

1901 J. Roux: Faune infusorienne des eaux stagnantes des environs de Genève. 148 S., 8 Tafeln.

1889 W. Schewiakoff: Beiträge zur Kenntnis der holotrichen Ciliaten. Mit 7 Tafeln. Kassel 1889.

1893 W. Schewiakoff: Über einen neuen bakterienähnlichen Organismus des Süßwassers. In: Verhandl. Med.-Naturh. Vereins. Heidelberg 1893.

1901 W. Schmidle: Neue Algen aus dem Gebiet des Oberrheins. In: Beihefte z. Bot. Centralblatt, Bd. 10 (1901), S. 179—180.

1888 A. Schuberg: Die Protozoën des Wiederkäuermagens. I. In: Zoolog. Jahrbücher. Abteil. f. Systematik, Bd. 3 (1888).

1859 F. Stein: Charakteristik neuer Infusoriengattungen. In: Lotos, Zeitschrift f. Naturwissenschaften, Bd. IX.

1859 F. Stein: Der Organismus der Infusionsthiere nach eigenen Forschungen in systematischer Reihenfolge bearbeitet. 1. Abteilung: Die hypotrichen Infusionsthiere. Mit 14 Tafeln. Leipzig 1859.

1860 F. Stein: Über die Einteilung der holotrichen Infusionsthiere und einige neuere Gattungen und Arten dieser Ordnung. In: Sitzungsber. d. k. Böhm. Gesellschaft der Wiss. in Prag (1860), S. 56—72.

1862 F. Stein: Der Organismus der Infusionsthiere. II. Abteilung: Naturgeschichte der heterotrichen Infusorien. Mit 16 Tafeln. Leipzig 1862.

1895 S. Strodtmann: Bemerkungen über die Lebensverhältnisse des Süßwasserplankton. In: Forschungsberichte Biolog. Station Plön, Teil 3 (1895), S. 145—179.

1913 B. Strzeszewsky: Beitrag zur Kenntnis der Schwefelflora in der Umgebung von Krakau. In: Anzeiger der Akademie Krakau, 1913, B., S. 309—334. Mit Tafeln.

1910 W. Szafer: Zur Kenntnis der Schwefelflora in der Umgebung von Lemberg. In: Anzeiger der Akad. der Wissenschaften in Krakau 1910. Math. Klasse. B., S. 161—162. Mit Taf. VI.

1869 J. G. TATEM: On a new infusorium. In: Monthly micros. Journal Vol. I (1869), S. 111—118. Taf. IV.

1880 VAN TIEGHEM: Observations sur des Bactériacées vertes, sur des Phycochromacées blanches et sur les affinités de ces deux familles. In: Bullet. Soc. Bot. de France, Bd. 27 (1880), S. 174—179.

1912 J. VIRIEUX: Sur l'Achromatium oxaliferum Schew. In: Compt. Rend. Acad. d. Sciences. Bd. CLIX (1912), S. 716.

1913 J. VIRIEUX: Recherches sur l'Achromatium oxaliferum. In: Ann. Scienc. nat. 9. Serie. Botan. Bd. 18 (1913), S. 265—287.

1903 M. VOIGT: Eine neue Gastrotrichenspezies (*Chaetonotus arquatus*) aus dem Schloßparkteich zu Plön. In: Forschungsberichte a. d. Biol. Station Plön. Teil X (1903), S. 90—93.

1904 M. VOIGT: Die Rotatorien und Gastrotrichen der Umgebung von Plön. In: Forschungsberichte der Biol. Station Plön. Teil XI (1904), S. 1—175. Taf. I—VII.

1876 E. WARMING: Om nogle ved Danmarks Kyster levende Bakterier. In: Videnskab. Meddelser Naturhist. Forening Kjöbenhavn 1875. S. 307—420 u. Taf. VII—X (mit einem Resumé in franz. Sprache, 35 Seiten).

1896 E. WARMING: Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. Deutsche Ausgabe von E. KNOBLAUCH. Berlin 1896.

1910 E. WEINLAND: Der Stoffwechsel der Wirbellosen. In: Handbuch der Biochemie des Menschen und der Tiere, Bd. IV. 2. Hälfte, S. 446 bis 528.

1909 G. S. WEST and B. M. GRIFFITHS: Hillhousia mirabilis, a great Sulphur Bacterium. In: Proceed. Royal Soc. Botan. Vol. LXXXI (1909), S. 398.

1913 G. S. WEST and B. M. GRIFFITHS: The Lime Sulphur-Bacteria of the Genus Hillhousia. In: Annals of Botany, Bd. XXVII (1913), S. 83—91.

1893 A. WIERZEJSKY: Atrochus tentaculatus nov. gen. et spec. Ein Rädertier ohne Räderorgan. In: Zeitschrift f. wiss. Zoologie, Bd. LV. (1893), S. 696—712. Mit Taf. XXXII.

1893 A. WIERZEJSKY: Floscularia atrochoides sp. nov. In: Zoolog. Anzeiger, Bd. 16 (1893), S. 312—314.

1888 S. WINOGRADSKY: Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Bakterien. Heft I: Zur Morphologie und Physiologie der Schwefelbakterien. 120 Seiten. Mit 4 Tafeln.

1911 S. M. WISLOUCH: Über eine durch *Oscillatoria Agardhii* hervorgerufene Wasserblüte, sowie *Spirulina flavovirens*. In: Bullet. Jard. Jmp. Bot. St. Petersbourg, Bd. XXIV (1911), S. 155—161 (Russisch mit deutschem Resumé).

1889 C. ZELINKA: Die Gastrotrichen. In: Zeitschrift f. wiss. Zoologie, Bd. XLIX (1889), S. 209—384, Taf. XI—XV.

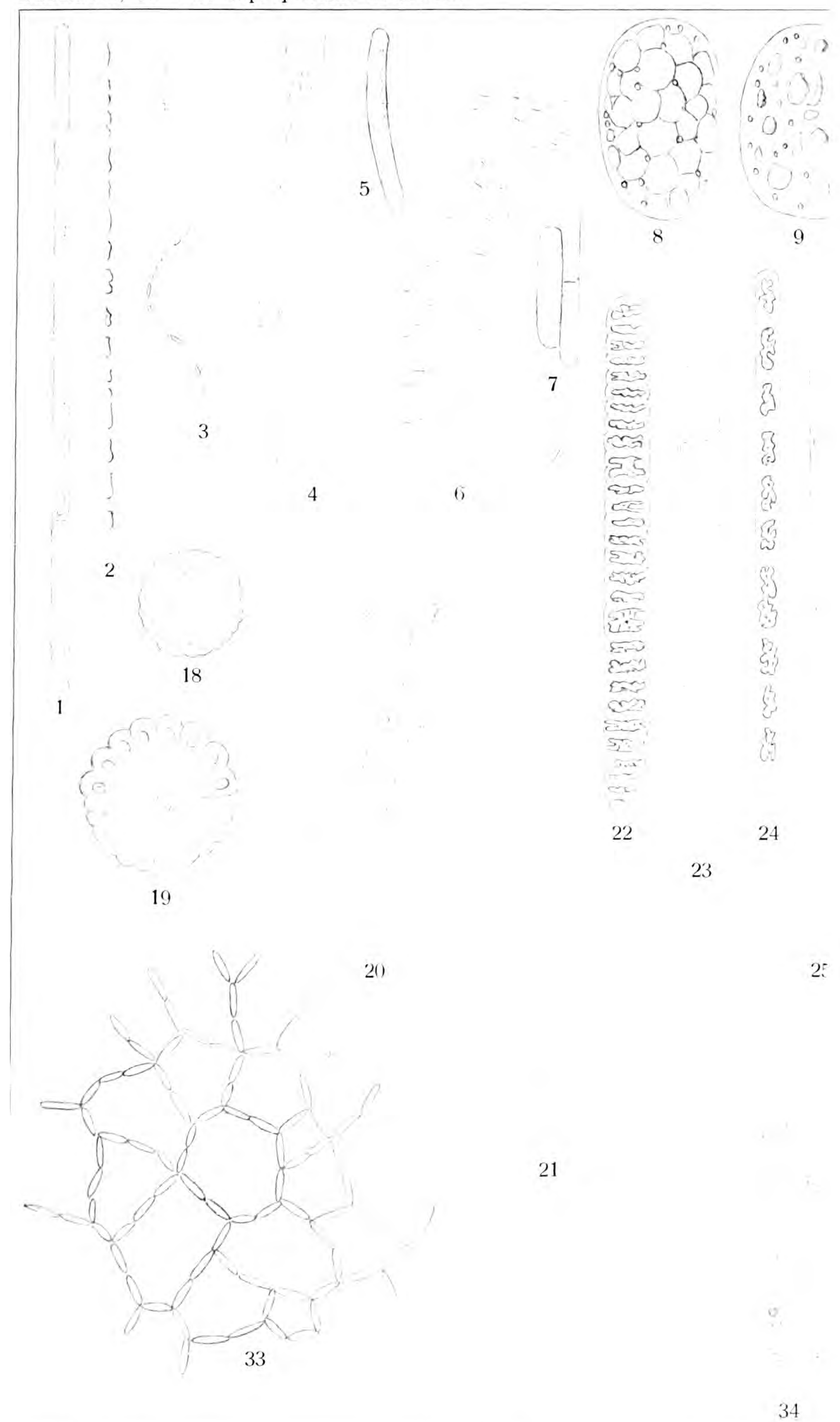
1903 ZETTNOW: Beiträge zur Kenntnis von *Spirobacillus gigas*. In: Festschrift für R. KOCH, S. 383—388. Mit Taf. VIII.

1882 W. ZOPF: Zur Morphologie der Spaltpflanzen (Spaltpilze und Spaltalgen). Leipzig 1882.

Tafelerklärungen.

TAFEL III.

Fig. 1. *Pelonema tenue* LAUTERBORN — Fadenende. Vergr. 1000.
Fig. 2. *Pelonema pseudovacuolatum* LAUTERBORN — Fadenende. Vergr. 1000.
Fig. 3. *Pelonema* (?) *spirale* LAUTERBORN — Fadenende. Vergr. 1000.
Fig. 4. *Peloploca undulata* LAUTERBORN — Ende eines Fadenbündels. Vergr. 1000.
Fig. 5. *Peloploca undulata* LAUTERBORN — Einzelzelle: zeigt den wandständigen dünnen Plasmabelag und die durch zarte Plasmabrücken abgegrenzten vakuolenartigen Binnenräume. Sehr stark vergr.
Fig. 6. *Peloploca taeniata* LAUTERBORN — Ende eines Fadenbündels. Vergr. 1000.
Fig. 7. *Peloploca taeniata* LAUTERBORN — Einzelzelle mit der inneren Struktur (wie bei Fig. 5). Sehr stark vergrößert.
Fig. 8—11. *Achromatium oxaliferum* SCHEWIAKOFF. — Vergr. 600.
Fig. 8. Gewöhnliche Zelle, strotzend mit den Binnenkörpern erfüllt.
Fig. 9. Fortschreitende Korrosion der Binnenkörper. Sichtbarwerdung des grobschaumigen Plasmagerüstes mit kleinen Schwefelkügelchen, besonders in den Knotenpunkten des Maschenwerkes.
Fig. 10. Binnenkörper fast völlig verschwunden. In dem sehr deutlichen plasmatischen Gerüstwerk zahlreiche Schwefelkügelchen.
Fig. 11. „*Achromatium mobile*" LAUTERBORN. Schwärmende Zellen, vielleicht in den Entwicklungskreis von *Achr. oxaliferum* gehörig. — Vergr. 700.
Fig. 12—14. *Thiovulum* (*Thiophysa*?) *Mülleri* WARMING spec. Vergr. 1000.
Fig. 12. Schwärmende Zelle, an einem Pole mit dunklen Schwefelkügelchen.
Fig. 13. Beginn der Teilung durch einseitige Einschnürung.
Fig. 14. Eben vollendete Teilung.
Fig. 15. *Pelosigma palustre* LAUTERBORN — Vergr. 1000.
Fig. 16. *Spirophis minima* WARMING spec. — Fadenende. Vergr. 1000.
Fig. 17. *Spirophis minima* WARMING spec. — Fadenstück, stärker vergrößert.
Fig. 18. *Pelosphaera rotans* LAUTERBORN — Optischer Durchschnitt durch eine junge Kolonie. Vergr. 1000.
Fig. 19. *Pelosphaera rotans* LAUTERBORN — Optischer Durchschnitt durch eine ältere Kolonie. Die vergrößerten Zellen der einen Kugelhälfte zeigen stark lichtbrechende Einschlüsse (Sporen). Vergr. 1000.
Fig. 20. *Mastigamoeba trichophora* LAUTERBORN — Vergr. 500.
Fig. 21. Skizze eines wahrscheinlich in den Entwicklungskreis von *Caenomorpha medusula* gehörenden Infusors.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
18
19
20
21
22
23
24
33
34

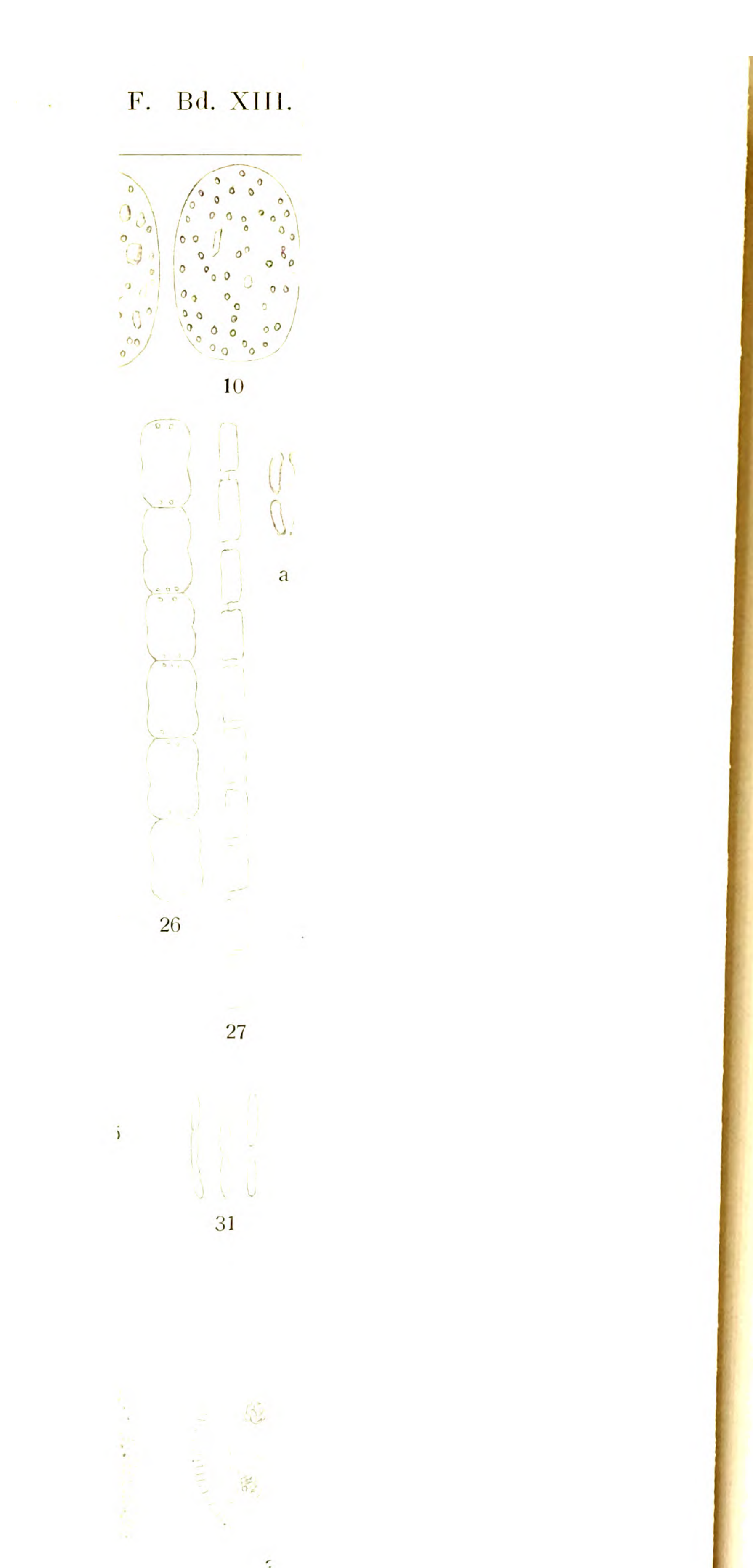

10
a
26
27
31

Fig. 22. *Lyngbya Hieronymusii* LEMMERMANN? — Fadenende. Vergr. 600.

Fig. 23. *Oscillatoria chlorina* KÜTZING var. *perchlorina* LAUTERBORN — Fadenende, die Querstreifung sowie die farblose plasmatische Endkuppe zeigend. Vergr. 800.

Fig. 24. *Oscillatoria Lauterbornii* SCHMIDLE. — Fadenende mit den sehr deutlichen Pseudovakuolen. — Vergr. 800.

Fig. 25. *Oscillatoria putrida* SCHMIDLE. — Fadenende. Vergr. 1000.

Fig. 26. *Pseudanabaena constricta* SZAFER spec. — Stück eines Fadens. Vergr. 1000.

Fig. 27. *Pseudanabaena catenata* LAUTERBORN. — Stück eines Fadens. Vergr. 1500.

Fig. 28. *Pelochromatium roseum* LAUTERBORN. — a) schwärmende Kolonie. b) beginnende Teilung. c) optischer Querschnitt. Vergr. 1700.

Fig. 29—37. *Chlorobakterien.*

Fig. 29. *Schmidlea luteola* SCHMIDLE spec. — Kleine Kolonie, mit vakuolenartigen Räumen im Innern. Vergr. 1000. Daneben Einzelzelle sehr stark vergrößert.

Fig. 30. *Pelogloea bacillifera* LAUTERBORN. — Kleine Kolonie. Vergr. 1000.

Fig. 31. *Pelogloea bacillifera* LAUTERBORN. — Einzelzellen, z. T. in Teilung, sehr stark vergrößert.

Fig. 32. *Pelogloea chlorina* LAUTERBORN. — Kleine Kolonie. Vergr. 1000.

Fig. 33. *Pelodictyon clathratiforme* SZAFER spec. — Stück eines netzartig durchbrochenen Verbandes. Vergr. 1000.

Fig. 34. *Amoeba chlorochlamys* LAUTERBORN, mit ihrem gelbgrünen Mantel von Chlorobakterien (*Chlorobacterium symbioticum* LAUTERBORN). Vergr. 1000.

Fig. 35. *Amoeba chlorochlamys* LAUTERBORN. — Optischer Durchschnitt. An der Spitze des Pseudopodiums weicht der Besatz von Chlorobakterien fiederförmig auseinander. Vergr. 1000.

Fig. 36. Farbloser Flagellat (*Mastigamoeba*?) von einem gelbgrünen Mantel von Chlorobakterien umschlossen. Vergr. 1000.

Fig. 37. *Chlorochromatium aggregatum* LAUTERBORN. — a) Schwärmende Kolonie. b) Beginnende Teilung. c) Optischer Querschnitt. Vergr. 1500.

Alle Figuren sind nach dem Leben gezeichnet.

Erwin Rohde †.

Ein Nachruf von R. GOTTLIEB.

Am 19. Juni 1915 erlag ERWIN ROHDE im Alter von noch nicht 34 Jahren in Davos den Folgen eines Lungenleidens, das während seiner freiwilligen bei Tag und Nacht rastlosen Arbeit im Dienste der Verwundetenpflege aufgetreten war. Nachdem die Beisetzung der Asche des fern von der Stätte seiner Arbeit Dahingegangenen in einem von Künstlerhand geformten Grabmal den ROHDE in Freundschaft und Arbeit Verbundenen vor kurzem Gelegenheit geboten hat, das Gedächtnis des hochbegabten jungen Forschers und herzgewinnenden Menschen zu ehren, sei es mir gestattet, in diesen Mitteilungen vor einem weiteren Kreise den Dank zu wiederholen, den ich dem treuen Mitarbeiter und Freunde im Namen des Institutes, dem er angehörte, und im Namen vieler Fachgenossen nachzurufen habe. In einigen Blättern der Erinnerung sei ein Bild seines Lebens und Strebens festgehalten. Persönlichkeit und Beruf stehen immer in steter Wechselwirkung. So mögen denn diese Zeilen für diejenigen, die den liebenswerten Menschen gekannt und geschätzt haben, ohne ihm fachlich nahe zu stehen, das Bild seiner Persönlichkeit durch das Verständnis seiner wissenschaftlichen Entwicklung ergänzen.

ROHDE war eine der besten Zukunftshoffnungen seines Fachs —das ist das allgemeine Urteil, wie es mir viele Briefe nach seinem Tode bezeugt haben. Und wir, die ihn näher kannten, wir haben Hoffnungen in ihn gesetzt wie auf keinen zweiten der jüngeren Generation. Denn wir wußten, daß alles, was er bisher gegeben hatte, zu noch höheren Zielen sicher hinleitende Arbeit war, und daß nichts an seinen Erfolgen zufällig gewesen ist, sondern alles Ausfluß seines stetigen inneren Wachstums, seines sich immer kräftiger entfaltenden wissenschaftlichen Ingeniums. ROHDE hatte nicht die Art mancher Entdecker, denen es gegeben ist, die schon gereiften, aber anderen Augen noch verborgenen Früchte am Baume des Wissens zu sehen und mit leichter Hand zu pflücken. Auf andere Weise hat er sich seinen guten Namen in der Wissenschaft erworben. Er erkannte mit sicherem Blick auf dem hundertfach zersplitterten Boden physiologischer Forschung

ein bedeutsames Gebiet, dessen Fruchtbarkeit noch nicht ganz ausgenützt schien; da hat er dann in vorbildlicher Treue Scholle um Scholle gewendet, die hindernden Steine mühsam weggeräumt und seine Saat ausgestreut. Die Früchte dieser hingebenden Arbeit hat er selbst nur zum kleinen Teile ernten können. Aber auch das, was er schon errungen hat, sichert ihm Dank und ehrenvolles Andenken in unserer Wissenschaft.

Wenn ich es versuche, die Umrisse seiner wissenschaftlichen Persönlichkeit zu zeichnen, wie ich sie zu sehen glaube, so möchte ich ROHDE als ausgeprägte Gelehrtennatur charakterisieren, die leidenschaftlich nach Erkenntnis strebte, und zwar nach reiner Erkenntnis ohne Rücksicht auf praktische Zwecke, aber in der sicheren Überzeugung, daß daraus auch für die Medizin praktische Nutzen entspringen müsse. Diese theoretische Veranlagung war ihm wohl vererbt wie auch die inneren Gesetze seines wissenschaftlichen Seins: Leidenschaftlichkeit und Tiefe im Erfassen seiner Probleme und unaufhörliches Zweifeln und strengste Selbstkritik in der methodischen Begründung. Diese vererbte Veranlagung hat seine Persönlichkeit stärker geprägt als alle bei seiner Ausbildung und Entwicklung auf ihn einwirkenden Einflüsse.

ROHDE wurde am 4. August 1881 in Tübingen geboren, woselbst sein Vater, der hervorragende klassische Philologe, vor seiner Übersiedlung nach Heidelberg (1886) wirkte. Des Sohnes Jugendjahre standen unter dem Eindruck der kraft- und temperamentvollen Persönlichkeit des Vaters, dessen Bedeutung für das Geistesleben unserer Hochschule und für das Geistesleben der Nation noch in lebhafter Erinnerung ist. Doch glich der Sohn in seiner gemütlichen und körperlichen Veranlagung mehr der stillen und anmutigen Mutter. Seinen Vater hat ROHDE schon in seinem 18. Lebensjahre verloren. Doch wirkte das Andenken des Vaters und die stete Beschäftigung mit seinem Briefwechsel und seinen freundschaftlichen Beziehungen weit über den Tod hinaus auf den Sohn ein.

ROHDES äußerer Lebensweg ist einfach und glatt verlaufen. 1899 verließ er das Heidelberger Gymnasium und studierte mit Ausnahme zweier Semester, die er in München verbrachte, hier Medizin. Sein Staatsexamen bestand er im Sommer 1904 und trat nach einigen Jahren weiterer, auch klinischer Ausbildung 1908 als erster Assistent am pharmakologischen Institut ein

und habilitierte sich 1910 für das Fach der Pharmakologie. Seit 1909 war Rohde in glücklichster Ehe mit Gertrud geb. Fischer verbunden, die als Tochter eines bekannten Arztes und selbst durch Hochschulstudium vorgebildet, seinen Bestrebungen volles Interesse entgegenbrachte. Zwei Töchter vollendeten das Glück seines häuslichen Lebens. So traf der Ausbruch des Krieges Rohde in stiller fruchtbringender Arbeit und in persönlich beglückenden Verhältnissen. Sicherlich hätte sich auch seine weitere Laufbahn als das selbstverständliche Ergebnis seiner Leistungen ohne Schwierigkeiten gestaltet, wenn der Tod diesem vielversprechenden Leben nicht ein so frühzeitiges Ende gesetzt hätte.

Rohde war aufgewachsen in der Gelehrtenatmosphäre und unter dem Einfluß eines starken und strengen Idealismus, der das Vaterhaus erfüllte. Die Art und die theoretische Richtung seines Talents erscheinen so als das ererbte und von Jugend an gepflegte Ergebnis von Abstammung und Milieu. Und doch hat Rohde viel mit inneren Hemmungen zu kämpfen gehabt. Der frühzeitige Verlust des von ihm grenzenlos verehrten Vaters, der Tod der Mutter und einer geliebten Schwester haben ihn schon in den Studentenjahren einsam gemacht. Der Jugendfreund, der ihm am nächsten stand, starb mitten aus der Gemeinsamkeit ihres Strebens eines jähen Todes. Rohde hat dies alles tapfer getragen, aber eine gewisse Verschlossenheit und Herbheit seines Wesens waren wohl die Folge dieser Erlebnisse. Auch das Glück seiner Ehe vermochte später einen Zug von Schwermut nicht zu bannen, der oft auf ihm lag. Freilich konnte er auch fröhlich sein — in seinem Heim und auf Wanderungen in der Natur, am liebsten auf Schneeschuhen im Gebirge. Aber im Alltag war er eine schwerblütige Natur. In der Wissenschaft hat er mit seinen Problemen ringen müssen. Ging es vorwärts, so hat ihn die Arbeit beglückt, doch hat ihm das Mißverhältnis zwischen dem rastlosen Vorwärtsstreben seiner Pläne und der mühseligen Durchführung der Versuche, die immer wieder nachzuprüfen und zu vertiefen er sich nicht genug tun konnte, oft genug die Freude an der eigenen Arbeit getrübt. Denn er sah das Erreichte, so wertvoll es auch war, immer nur als eine Vorarbeit für weitere Aufgaben an. Am liebsten hätte er so jahrelang in aller Stille an seinem Problem gearbeitet, ohne etwas darüber mitzuteilen; zum Abschluß einer Publikation mußte er geradezu gedrängt werden.

Sein Interesse hatte Rohde schon während der Studienzeit

zur Physiologie geführt. Er arbeitete unter der Leitung ALBRECHT KOSSELS, dessen nachhaltiger Einfluß sich in seiner guten physiologisch-chemischen Schulung dauernd geltend gemacht hat. Auch der Gegenstand seiner Doktorarbeit über Farbenreaktionen der Eiweißkörper mit p-Dimethylaminobenzaldehyd und anderen Aldehyden[1] lag auf dem Gebiete der physiologischen Chemie. Auf Anregung NEUBAUERS hatte er diese Arbeit 1903 in dem chemischen Laboratorium der Münchner Medizinischen Klinik begonnen und später in Heidelberg zu Ende geführt. Nach seinem Staatsexamen wandte sich ROHDE im Pharmakologischen Institut einer experimentellen Untersuchung von Giftwirkungen am Herzen zu[2]. Der Herzphysiologie und Pharmakologie ist er bis zuletzt treu geblieben.

Diese erste Herzarbeit ROHDES „Über die Einwirkung des Chloralhydrats auf die charakteristischen Merkmale der Herzbewegung"[2] brachte Untersuchungen an der Herzspitze, die unter dem Einfluß lähmender Gifte immer mehr die charakteristischen Eigenschaften verliert, die der Herzmuskelbewegung sonst im Vergleich zu anderen Muskeln zukommen: die refraktäre Phase wird mit fortschreitender Vergiftung immer mehr aufgehoben, die Höhe der Einzelzuckungen wird von der Stärke des Reizes abhängig. Da Kontraktilität und Anspruchsfähigkeit in diesem Stadium noch normal sind, so wirkt die Vergiftung in ähnlicher Weise, wie an manchen anderen rhythmisch arbeitenden Muskeln eine anatomische Entfernung der Zentren, durch welche manche automatisch tätigen Muskeln ihrer charakteristischen Merkmale entkleidet werden.

Bevor sich ROHDE endgültig der theoretischen Medizin zuwandte, folgte zunächst ein Umweg über die Klinik. Er war eine Zeit lang in der Klinik von FR. MÜLLER in München und dann mehrere Jahre als Assistent der psychiatrischen Klinik KRAEPELINS daselbst tätig. Auch in dieser Zeit beschäftigten ihn vor allem physiologisch-chemische Untersuchungen. Auf dem noch wenig beackerten und dornigen Boden der Stoffwechseluntersuchungen in der Psychiatrie hat er durch eine Untersuchung der Stoffwechselstörungen von Epileptikern[3] Bleibendes geleistet.

Die Arbeit enthält eine Fülle von Beobachtungen über die Ausscheidungen im Anfall und in den anfallsfreien Zeiten, insbesondere über das Verhalten des Harnsäurestoffwechsels. Es ergab sich Retention N-haltiger und saurer Stoffwechselschlacken vor dem Anfall, Steigerung der Milchsäureausscheidung im Anfall, danach Leukocytenzerfall und vermehrte N-Ausscheidung, sowie Vermehrung der Harnsäure und Phosphorsäure und Zeichen der Acidose im Harn nach dem Anfall.

Aber die praktische Seite der Klinik befriedigte ROHDE nicht auf die Dauer, obgleich er die menschlichen Eigenschaften sicher

besaß, die der Arzt braucht. Seine Zweiflernatur fühlte sich nicht wohl in den subjektiven Gedankengängen praktischer Entschließung. Vor allem aber empfand er die äußeren Anforderungen der klinischen Tätigkeit allzu stark als störende Hemmung seiner Forscherarbeit, die ihm erstes Bedürfnis war. Da bot ihm ein Fach der „angewandten Physiologie", die Pharmakologie die Gelegenheit, sich von nun an ganz der Betätigung und Entfaltung seines Talents zur Erforschung von Lebensvorgängen zu widmen.

Erst 7 Jahre der Arbeit im Fache lagen hinter ihm, als sich ROHDE in der Verwundetenpflege den Todeskeim geholt hat — eine Zeit so kurz, daß sie nur bei einer hohen Begabung genügen konnte, Bleibendes zu hinterlassen. Wir besitzen auch nicht viele Publikationen von ROHDE. Aber schon seine erste Arbeit als Assistent war eine völlig selbständige und reife Leistung. Durch sie hat er sich sein speziellstes Forschungsgebiet erschlossen, aus dem man sich seine Arbeit heute nicht mehr recht wegdenken kann. Ihr Gegenstand ist das aus dem Tierkörper herausgenommene und durch geeignete Maßnahmen wieder zur Tätigkeit gebrachte Herz, und dieses Wunderwerk der Natur, in dem sich noch nach dem Tode das Leben wiedererwecken läßt — reizvoller, fesselnder und zum Studium geeigneter als irgendwo sonst, wurde nun „sein Problem"! Der Fortschritt seiner Arbeiten lag — wie so oft in der Naturwissenschaft — nicht darin, daß ROHDE etwa auf eine alte Frage eine neue und bessere Antwort hätte finden können, sondern in der neuen Art der Fragestellung, darin, daß er die Natur mit neuen Methoden befragte. Eine scharfsinnig erdachte Bereicherung und Verfeinerung der Methodik erschloß ihm das Neuland. Damit beginnt ROHDES bewußte wissenschaftliche Entwicklung, bei der eine Arbeit fast mit Notwendigkeit aus der anderen hervorwuchs. „Nirgends finden sich Lücken oder Sprünge unsicheren Tastens"!

Ausgangspunkt seiner Untersuchungen[4] war der Plan, das isolierte und durch die Durchströmung seiner Gefäße mit geeigneter Nährlösung überlebend tätige Herz als Versuchsobjekt zu benützen, an dem man die Abhängigkeit des Muskelstoffwechsels von pharmakologischen Agenzien, insbesondere von inneren Sekreten, messend verfolgen konnte. Um dieses Ziel zu erreichen, war aber erst die Physiologie des Herzstoffwechsels auszubauen. Denn wenn man bis dahin auch einiges über den Sauerstoffverbrauch und die Kohlensäurebildung des überlebenden Herzens wußte,

und wenn auch festgestellt war, daß das Herz aus einer zuckerhaltigen Nährlösung Zucker verbraucht, so fehlte doch eine quantitative Messung der einzelnen Faktoren seines Stoffwechsels, und es fehlte eine methodisch brauchbare Arbeitsmessung für längere Zeiträume, um deren Größe in Beziehung zu dem gleichzeitigen Energieumsatz zu setzen.

Durch methodische Verbesserungen erreichte es ROHDE, die von einer Herzkammer geleistete äußere Arbeit in stundenlangen Versuchen exakt zu messen. Ein kleiner mit Wasser gefüllter Gummiballon wurde in den linken Ventrikel eingeführt und stand in gabelförmiger Verbindung mit zwei Röhren, in denen Ventile den Ausfluß des Wassers bei jeder Kompression des Ballons durch die Herzkontraktion und andrerseits den Wiederersatz des ausgetriebenen Wassers aus einem Reservoir während der Diastole regelten. An einem Nebenanschluß der Ausflußröhre war ein Mareyscher Tambour zur Verzeichnung der Druckänderungen angebracht. Das Produkt der ausgeworfenen Wassermenge und der Druckhöhe ergibt die Arbeit des Herzens. Durch eine Vorrichtung, die den Durchfluß der Nährlösung durch die Herzgefäße zu regulieren gestattet, konnte ROHDE das Sauerstoffangebot so weit verbessern, daß das überlebende Katzenherz viele Stunden lang eine Leistung aufwies, die nicht sehr weit hinter der des im Kreislauf schlagenden Herzens zurückblieb. Die Förderung konnte bis 17 Liter auf die Höhe von 35 cm pro Stunde betragen.

Zur Bestimmung des Gaswechsels ließ ROHDE die das Herz ernährende Zucker-Salzlösung mit Hilfe einer Pumpenvorrichtung durch ein luftdicht geschlossenes Röhrensystem zirkulieren. Dieses System ist mit Sauerstoff gesättigt. Die nach dem Durchgang durch die Herzgefäße abfließende Flüssigkeit wird mit Hilfe einer Pumpe wieder in das Reservoir zurückgehoben und kann sich dabei von neuem mit Sauerstoff sättigen. Da die vorhandene Sauerstoffmenge sich stetig um den vom Herzen aus der Nährlösung verbrauchten Anteil verringert, so kann durch Messung der Volumabnahme des Sauerstoffvorrats der Sauerstoffverbrauch an einem kleinen Spirometer abgelesen werden. Der Luftstrom im geschlossenen System entledigt sich der vom Herzen produzierten Kohlensäure in Barytflaschen. Zuckerverbrauch in der Nährlösung, Sauerstoffverbrauch und Kohlensäurebildung können bestimmt und eventuell entstehende abnorme Zersetzungsprodukte in der Nährlösung festgestellt werden.

Mit Hilfe dieser Methoden konnte ROHDE feststellen[4], daß ein ausgespültes Herz, wenn man ihm eine zuckerhaltige, aber von allen Nahrungsbestandteilen des vorher im Tiere zirkulierenden Blutes befreite Ernährungsflüssigkeit darbietet, nicht bloß Zucker, sondern auch Eiweiß oder Fett verbrennt, also von seinem eigenen Bestande lebt. Es handelt sich dabei um eine Fortdauer von Lebensvorgängen und nicht um Absterbeerscheinungen, denn gerade in den ersten Stunden verbraucht das Herz am meisten von

seinem eigenen Materiale. Das Verhältnis des allmählich überwiegenden Zuckerverbrauches zu der Verbrennung von Nährmaterial aus dem Herzen hängt interessanterweise von der vorhergegangenen Ernährung der Versuchstiere ab. Bei vorheriger Fleischnahrung wird anfangs wenig Zucker aus der Lösung in Anspruch genommen; das Herz bevorzugt das von ihm selbst aufgestapelte Nährmaterial. Man hat deshalb Reservestoffe anzunehmen, die im Herzen schon fixiert, aber noch nicht verbrannt sind. Dieser Rest von Eiweiß oder Fett dient zunächst als Arbeitsmaterial, und daneben wird, um den Energiebedarf zu decken, eine entsprechende Menge Zucker aus der Nährlösung herangezogen. Erst wenn der Vorrat an Reservestoffen im Herzen sinkt, tritt immer ausschließlicher der Zucker aus der Nährlösung an seine Stelle. Wie der Gesamtorganismus kann also auch das Herz seine Aufgaben auf Kosten von verschiedenem Nährmaterial erfüllen.

Adrenalin und Strophantin, die mächtigen Verstärker der Herztätigkeit, steigern parallel damit auch den Sauerstoff- und Stoffverbrauch des Herzens. In ausgedehnten Versuchsreihen fand Rohde auch schon damals (1910), daß Pankreasextrakte eine Steigerung der Zuckerverbrennung auf das Zwei- bis Dreifache hervorrufen, während die Beteiligung der Reservestoffe am Energieumsatz dabei zurückgeht. Es ist nun charakteristisch für die vorsichtig-zurückhaltende und kritische Art Rohdes, daß er diese Versuche unveröffentlicht ließ. Er hielt sie nicht für beweisend, weil die Veränderung des Stoffumsatzes mit einer Herabsetzung der Herzarbeit verbunden war. Er hatte Bedenken, die Förderung der Zuckerverbrennung als spezifische Pankreaswirkung zu deuten, wie dies andere Forscher nach ihm auf Grund ähnlicher Versuche getan haben, bevor durch Untersuchung anderer Giftwirkungen am Herzen ausgeschlossen war, daß Schädigungen der Herztätigkeit nicht auch sonst mit einer derartigen Hemmung des Umsatzes der Reservestoffe und relativem Vorwiegen des Zuckerumsatzes einhergehen. Wie recht Rohde mit diesem Bedenken hatte, geht aus späteren Versuchen hervor, über die er 1913 auf dem Physiologenkongreß zu Groningen berichtet hat[10]. Sie haben erwiesen, daß zahlreiche Störungen, z. B. Sauerstoffmangel, zu einem abnormen Zuckerverbrauch des Herzens führen, bei dem der Zucker aber nicht mehr vollständig oxydiert, sondern mit fortschreitender Vergiftung immer vorwiegender nur hydrolytisch gespalten wird, und daß die in abnormen Mengen gebildeten organischen Säuren und Aldehyde dann ihrerseits durch eine Vergrößerung der H·Ionen-Konzentration die Herzfunktionen weiter schädigen. Die mühsamere, aber auch vollständige Analyse des Organstoffwechsels hatte Rohde so vor Fehlschlüssen bewahrt, zu welchen andere Forscher bei der Bestimmung des Zuckerverbrauchs allein verleitet wurden.

Mit den Veränderungen von Herztätigkeit und Herzstoffwechsel unter dem Einfluß von Giften hat sich Rohde bis zu seinem Tode dauernd weiter beschäftigt. Dabei waren ihm die

Gifte in erster Linie die feinsten Reagenzien zum Studium der physiologischen Einrichtungen des Herzens. Auch dem Fernerstehenden wird es ja verständlich sein, daß die Möglichkeit, die einzelnen Organfunktionen durch chemische Agentien zu verändern, zugleich eine fruchtbare Methode darstellt, um die Verknüpfung der verschiedenen Vorgänge untereinander verstehen zu lernen. ROHDE suchte die Maschine gleichsam in Unordnung zu bringen, um die Bedeutung der einzelnen Teile für das Ganze zu ergründen. So war ihm die Analyse von Giftwirkungen am Herzen — ähnlich wie schon in seiner ersten pharmakologischen Arbeit — nur ein Hilfsmittel, um Einblick in den Mechanismus der Herztätigkeit zu gewinnen. Dabei hatte er sich immer mehr in die Probleme der allgemeinen Muskelphysiologie vertieft, da sich an seinem Gegenstande die Umwandlung chemischer Energie in mechanische — das Hauptproblem der Muskelphysiologie — besser als an anderen Objekten verfolgen ließ. Diese Gesichtspunkte führten ROHDE zunächst noch zu weiterer Vertiefung seiner Studien über die Energetik der Herzbewegung.

Schon als Vorarbeit für das Studium der Giftwirkung war dies notwendig. Denn die Gifte verändern immer auch die mechanischen Bedingungen der Herztätigkeit, und nur unter ganz bestimmten Bedingungen erwies sich ein unmittelbarer Vergleich von Tätigkeit und Stoffwechsel durchführbar. ROHDE sah sich also vor die Aufgabe gestellt, den Einfluß der verschiedenen mechanischen Bedingungen, unter denen man das Herz arbeiten lassen kann, auf Dynamik und Stoffwechsel festzustellen, um so erst die geeignete Methodik für eine Analyse der Giftwirkungen aufzufinden, bei welcher — und zwar auch ohne Rücksicht auf veränderte mechanische Bedingungen, z. B. Veränderungen der Pulszahl — die Größe des chemischen Umsatzes und der Leistung miteinander in Beziehung gesetzt werden konnten. So kam er zu seinen Untersuchungen über die Dynamik des Warmblüterherzens[6], in denen er im wesentlichen den Richtlinien folgte, die O. FRANK für die Thermodynamik des Skelettmuskels aufgestellt hat. Als wesentlichstes Resultat der vielseitigen Untersuchung ergab sich, daß die vom Herzen erzeugte Druckleistung (Pulszahl $\times$ Pulsdruck) unter normalen Bedingungen in annähernd einfacher Proportion zum gleichzeitigen Sauerstoffverbrauch steht. Dies gilt sowohl für spontane Änderungen der Druckleistung wie für künstlich herbeigeführte, solange diese das Herz nicht deutlich schädigen.

Wie dieses Verhältnis zwischen Oxydation und Spannungsleistung in den Muskelzellen durch pharmakologische Agentien verschoben werden kann, darüber berichtete ROHDE in einer weiteren Arbeit mit OGAWA[7]. Bei den tätigkeitssteigernden Giften Adrenalin und Strophantin stieg der Sauerstoffverbrauch völlig parallel mit der erhöhten Druckleistung, das Verhältnis beider blieb also wie in der Norm konstant. Bei der Einwirkung lähmender Gifte dagegen zeigte es sich, daß die Verknüpfung der beiden Funktionen keineswegs untrennbar ist, denn die Tätigkeit der vergifteten Herzen sank stets weit stärker als ihr Sauerstoffverbrauch. Bei pathologisch herabgesetzter Herztätigkeit geht also chemische Energie für die mechanische Leistung verloren, der Herzmuskel arbeitet mit der fortschreitenden Störung immer weniger sparsam als in der Norm, eine auch für die Pathologie wichtige Feststellung. Dabei waren die Typen toxischer Schädigung nach Angriffspunkt und Art verschieden. Bei dem einen lähmenden Gifte war neben der Verschlechterung des Nutzeffektes auch eine Gesamthemmung der Oxydation vorhanden, bei anderen konnte der Sauerstoffverbrauch sogar etwas ansteigen, die Oxydation jedenfalls unvermindert fortbestehen, während die Druckleistung stark absank. Der Vergleich von Pulszahl, Leistung des einzelnen Pulses und Herzstoffwechsel zeigte in buntem Bilde vielseitiger Möglichkeiten, wie unabhängig die einzelnen Teile des Energiewechsels im Herzen voneinander verlaufen können.

Was ROHDE bei diesen Untersuchungen anstrebte, war also eine Thermodynamik der pharmakologischen Wirkungen am Warmblüterherzen. Späterhin wollte er sich auch nicht damit begnügen, nur die aus den Oxydationsprozessen stammende Energie mit den einzelnen Herzfunktionen zu vergleichen. Vielmehr hatte er kurz vor Ausbruch des Krieges schon damit begonnen, auch eine gleichzeitige Messung der Wärmebildung zum weiteren Ausbau seiner Methodik heranzuziehen.

Für die Beantwortung der Frage, wovon bei dieser weitgehenden Unabhängigkeit der einzelnen Faktoren von Herztätigkeit und Herzstoffwechsel voneinander die unter normalen Bedingungen doch so auffallende Gleichmäßigkeit in der Ausnützung der chemischen Energien durch das Herz abhängt, wodurch also eine physiologische Regulierung innerhalb der Grenzen der Norm zu der gesetzmäßigen Verknüpfung der verschiedenen Vorgänge führt, fand ROHDE einen wichtigen Anhaltspunkt in der Adrenalinwirkung. In vielen Fällen vermag sie die von anderen Giften hervorgerufenen Störungen in der Verknüpfung von Tätigkeit und Stoffwechsel des Herzens wieder auszugleichen. Da wir nun in dem Adrenalin das spezifische Reizmittel für sympathische Endapparate zu sehen haben, und da ROHDE auch die Reizung des sympathischen Herznerven auf Arbeitsleistung und Stoffwechsel des überlebenden Herzens ähnlich wirksam fand wie das Adrenalin, so ergibt sich eine enge Beziehung der Regulierung der Energie-

wandlungen im Herzen zu der Funktion seines sympathischen Nervenapparats.

Die letzte von ROHDE selbst publizierte Untersuchung am Warmblüterherzen[10] behandelt das überlebende Warmblüterherz ganz vom Standpunkte der Grundprobleme der Muskelphysiologie. Die Feststellung, daß Sauerstoffverbrauch und Druckleistung (bei isometrischer Kontraktion) in der Norm in einfacher Proportion stehen, erschien ihm als ein Grundgesetz der Muskelenergetik, das auf die Entwicklung von Spannung als den primären Vorgang bei der Muskelaktion hindeutet.

Um dieses Grundgesetz, das indessen durch HILL auch für den Skelettmuskel aufgestellt war, als allgemein gültig zu erweisen, verglich ROHDE den Sauerstoffverbrauch pro Puls und Millimeter Pulsdruck einerseits bei den langsamen Pulsen und dem niedrigen Pulsdruck des bei 25° C schlagenden Herzens und andrerseits bei den schnellen Pulsen und dem hohen Pulsdruck bei 36° C. Er fand identische Werte, das Verhältnis von Sauerstoffverbrauch für Druckleistung war also auch bei diesen Grenzfällen physiologischer Herztätigkeit konstant. Ebenso berechnete sich aus dem Verbrauch der Nährsubstanzen bei Durchströmung des Herzens, einmal mit zuckerhaltiger Ringerlösung und in anderen Perioden bei zuckerfreier Diät, d. h. bei ausschließlichem Verbrauch der Reservestoffe, das Verhältnis des Kalorienverbrauchs zur Druckleistung als ein konstantes.

Da sich der Messung der maximalen Arbeit am Warmblüterherzen unüberwindliche Schwierigkeiten entgegenstellen, vielmehr hier immer nur ein Bruchteil der maximalen Arbeit zur Messung gelangt, so wandte sich ROHDE in den letzten Semestern seiner wissenschaftlichen Tätigkeit auch der Bearbeitung energetischer Probleme am Froschherzen zu. Mit USUI[11] hat er als Vorarbeit zu solchen Untersuchungen die gesetzmäßigen Beziehungen zwischen Druck- und Volum-Änderungen des Herzens bei den verschiedenen Formen der Herzkontraktion verfolgt, um so die Bedingungen für die maximale Arbeit zu ergründen. Seine Gedankengänge und die Ergebnisse seiner Versuche standen dabei in vollem Einklang mit den grundlegenden Arbeiten FRANKS auf diesem Gebiete. Eine weitere Vorarbeit zur Behandlung seines Hauptproblems am Froschherzen war die Konstruktion eines von BODENHEIMER[12] seither beschriebenen Apparates, der zugleich den Sauerstoffverbrauch und die Arbeitsleistung des Froschherzens nach ähnlichen Prinzipien zu messen gestattet, wie sie sich ROHDE für das Warmblüterherz bewährt hatten.

Eine fruchtbare Anwendung der ROHDEschen Methodik der Stoffwechseluntersuchungen am Herzen ist die von WILFRIED

Fischer[13] unter seiner Leitung ausgeführte Untersuchung der Rolle des Alkohols als Nährstoff und als Gift für das Herz. Die Tatsache, daß der Alkohol auch vom isolierten überlebenden Herzen verbrannt wird, und das Ausmaß der Ausnutzbarkeit der dadurch gewonnenen Energien konnten in so exakter Weise nur mit Hilfe der Rohdeschen Methodik erwiesen werden.

So hat Rohde in seinen Herz-Arbeiten konsequent durchgeführt, was er mit seinen methodischen Errungenschaften glücklich begonnen hatte. In treuem Festhalten an seiner Aufgabe hat er es nur selten versucht, sich daneben auch mit anderen Problemen zu beschäftigen. Es lag seiner Natur nicht, durch die Arbeiten anderer angeregt, sich an dieser oder jener Stelle der Wissenschaft nützlich zu machen und nach anderen lohnenden Gebieten zu tasten. Er fühlte sich nur sicher, wo er die Methodik ganz beherrschte.

Daß er aber auch auf ihm neuen Gebieten fruchtbare Fragen zu stellen und den Faden richtig zu finden wußte, der durch die Kompliziertheit der Erscheinungen hindurch zur Feststellung neuer Tatsachen führt, das zeigt eine gemeinsam mit Ellinger in den letzten Arbeitsjahren ausgeführte Untersuchung über spezifisch sekretorische Funktionen der Nierennerven[9]. Das Studium des Harnbildes nach Durchschneidung des Vagus und Splanchnicus führte die beiden Bearbeiter zu ähnlichen Schlüssen, zu denen gleichzeitig Erich Meyer und Jungmann und bald darauf auch Asher gelangten. Da war es denn charakteristisch für Rohdes Art, daß er lieber von der weiteren Verfolgung des interessanten Gegenstandes Abstand nehmen als sich mit anderen in seinen Zielen begegnen wollte. Es lag ihm nur, unbeirrt von außen seinen Weg für sich weiter zu gehen. Denn niemals hat Rohde im Hinblick auf den äußeren Erfolg gearbeitet, immer wollte er Abgeschlossenes und immer nur Selbsterarbeitetes geben. Und die leicht errungenen Früchte wissenschaftlicher Dutzendarbeit hat er gründlich verachtet.

Von innen getrieben und wenig von außen beeinflußt, hat sich Rohde entwickelt. Was er brauchte, war nur ein wissenschaftliches Milieu und Verständnis der Umgebung für seine Persönlichkeit. Bei aller Bescheidenheit war er sich des Wertes seiner Arbeit wohl bewußt, und er empfand es deshalb als die wichtigste Lebensforderung, seine Arbeiten ungestört fördern zu können. Wenn daneben andere Aufgaben an ihn herantraten, so bedrückte

ihn dies im Anfang. Das „was euch nicht angehört, müsset ihr meiden,“ paßte ganz auf ihn. Hatte er sich das Neue aber einmal zu eigen gemacht, sei es, daß es sich um eine neue Vorlesung oder um die Mitarbeit an einer Untersuchung handelte, oder daß er bei der Neueinrichtung des Institutes mitwirken sollte, der er sich selbstlos gewidmet hat — so tat er es ganz und dann bald auch gern. So war er auch in seinen persönlichen Beziehungen; auch da wußte er sich in seiner stillen Art alles Fremdartigen zu erwehren und jedesfalls von sich fern zu halten, was er nicht schätzte oder achtete.

Anderen hat ROHDE gerne geholfen und gegeben. Zwar war er bei aller Liebenswürdigkeit eine verschlossene Natur. Bevor er innerlich mit einer Sache fertig geworden war, sprach er nicht gerne davon. „Das habe ich noch nicht studiert,“ konnte man da oft von ihm hören. Was er aber wußte und hatte, teilte er ohne jeden Rückhalt mit.

So war ROHDE eine Persönlichkeit von außergewöhnlich feiner Gelehrtenkultur, die ihm angeboren war, die man aber gerade in unserer medizinischen Produktion so oft vermißt. Er nahm nichts oberflächlich in sich auf, und was er selbst produzierte, kam aus dem ganzen geistigen Menschen. Auch als Dozent hat er durch diese kultivierte Art gewirkt. Im Institut war er unbewußt ein Vorbild strenger und von jeder Streberei entfernter Arbeit. Da hat er einen kleinen Kreis, den aber stark und eindringlich beeinflußt.

Nun hat ein früher Tod diesem hoffnungsvollen Leben ein Ende gemacht, einem Leben, das erfüllt war von idealem Streben und von tiefer ernster Liebe zur Wissenschaft. Wir haben in ROHDE einen prächtigen Menschen verloren von kraftvoller Gesinnung und dabei doch von großer Zartheit des Empfindens. Seine Gesinnung hatte er in der Kriegszeit aufs neue bewährt. Bei aller Liebe zu seiner Laboratoriumsarbeit hat er keinen Augenblick gezögert, sein ärztliches Können in den Dienst der Verwundeten zu stellen. In hingebender chirurgischer Tätigkeit, welche die Widerstandsfähigkeit seines Körpers überstieg, hat er sich den Todeskeim geholt, und so müssen wir auch ROHDE zu den vielen wertvollen Opfern dieses Krieges zählen.

Das Bild seiner Persönlichkeit, das ich hier zu zeichnen versuchte, möchte ich schließen mit den schönen Worten, die Professor BRAUS dem toten Freunde nachrief:

„Ein Naturforscher, dessen Stolz es war, «nur Intellekt zu sein, kühl, ruhig, kritisch, mit nüchternem Blick zu sehen» und doch mit dem Brausen des Dämons im Blute; das war er in dem eigentlichsten Beruf seines Lebens, in seiner Wissenschaft. Ein Theoretiker, der gelassen durchs Leben wandelte, oft trübe, immer skeptisch, bis die Stunden kamen, wo ihn die Begeisterung packte und voll entfaltete, Widerstand seine tiefe Kraft lockte, wo es zu «zwingen» galt. Er vergeudete seine Kraft nie an Dinge, die ihm Kleinigkeiten zu sein schienen. Mußte es sein, so litt er schwer daran. Nie hat er weltklug Interessen geheuchelt für ihm Gleichgültiges. Aber der Furor war da, wenn es Großes gab, sich dafür zu regen. Die Wissenschaft verzeichnet wichtige Resultate seines Forschens. Jedoch das eigentliche «Werk», auf das es ihm allein ankam, das ihm auf den Höhen seines Schaffens zufiel, und das er seiner Natur nach heftig ergriff, aber langsam auswachsen ließ, es war noch nicht erntereif, als er dahin mußte. So ist Vorbereitung und Stückwerk geblieben und wird Torso bleiben, was seiner Begabung und seinem Wesen nach schönste Vollendung hätte werden können.

Dem inneren Menschen, nur Wenigen ganz erschlossen, entsprach der Zauber seines Äußeren, uns allen wohlbekannt: als Kind und Jüngling ein Bild des echtesten Deutschen, blond, blauäugig, als Mann freien Auges, aufrecht sich bewußt seiner Kraft. Gegen den Keim tückischer Krankheit hatte er seinen Körper bewußt gestählt, und er konnte sich im friedlichen Leben innerhalb seines Wirkungskreises dagegen gesichert fühlen, aber die Krankheit erreichte ihn, als die Liebe zu Deutschland ihn rastlos ergriff und aus den Bahnen des ruhigen Lebens herausschleuderte. Fast seit Jahresfrist ist in der Flamme verweht die edle Form, welche die Natur unserem Freunde geschenkt hatte. Sein Schatten ist uns nichts Leeres: Desinunt ista, non pereunt.“

Verzeichnis der Arbeiten.

[1] Die Farbenreaktionen der Eiweißkörper mit *p*-Dimethylaminobenzaldehyd und mit anderen aromatischen Aldehyden. Inaug.-Diss. Heidelberg 1905. Hoppe-Seylers Zeitschrift für physiologische Chemie, Bd. 44.

[2] Über die Einwirkung des Chloralhydrats auf die charakteristischen Merkmale der Herzbewegung. Archiv für experim. Pathol. und Pharmakologie 1905, Bd. 54, S. 104.

[3] Stoffwechseluntersuchungen an Epileptikern. Deutsches Archiv für klinische Medizin 1908, Bd. 95, S. 148.

[4] Stoffwechseluntersuchungen an überlebenden Warmblüterherzen. Zeitschrift für physiologische Chemie 1910, Bd. 68, S. 181. Vgl. auch VIII. Internationaler Physiologenkongreß Wien, September 1910.

[5] Methoden der Bestimmung des Blutdrucks in Abderhaldens Handbuch der Biochemischen Arbeitsmethoden 1911.

[6] Über den Einfluß der mechanischen Bedingungen auf die Tätigkeit und den Sauerstoffverbrauch des Warmblüterherzens. Archiv für experim. Pathol. u. Pharmakologie 1912, Bd. 68, S. 401.

[7] (mit Ogawa) Gaswechsel und Tätigkeit des Herzens unter dem Einfluß von Giften und Nervenreizung. Ebenda 1912, Bd. 69, S. 200.

[8] Einfacher Apparat zur Erzielung eines gleichmäßigen intravenösen Einlaufs. Zeitschrift für biologische Technik und Methodik 1913, Bd. 3, S. 85.

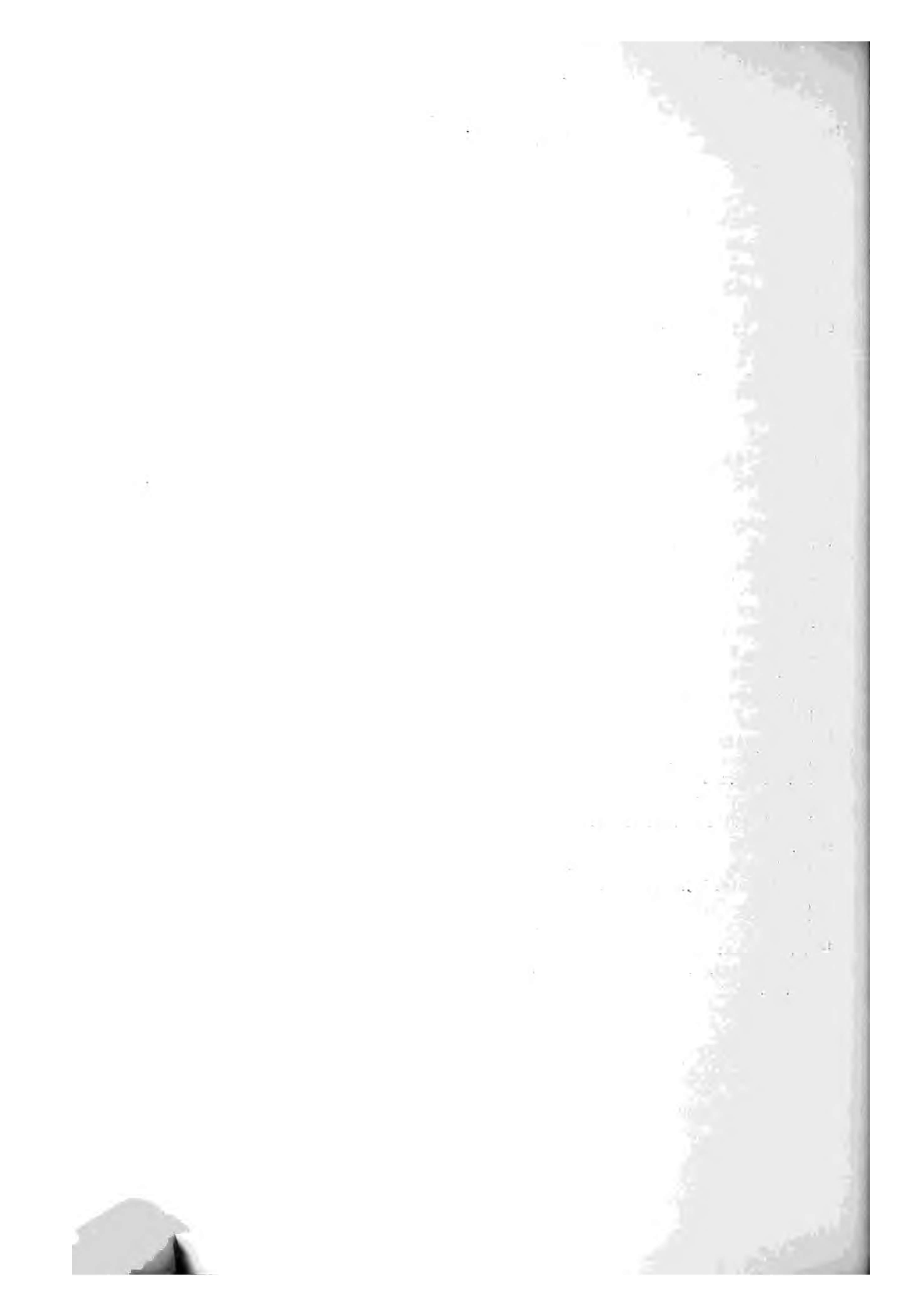
[9] (mit Ellinger) Über die Funktion der Nierennerven. (Vorläufige Mitteilung.) Zentralblatt für Physiologie 1913, Bd. 27, Nr. 1.

[10] (mit Nagasaki) Über die Beziehungen zwischen Tätigkeit, Gaswechsel und Stoffverbrauch des überlebenden Warmblüterherzens. Ebenda 1913, Bd. 27, Nr. 21.

[11] (mit Usui) Beiträge zur Dynamik des Froschherzens. Zeitschrift für Biologie 1914, Bd. 64, S. 409.

[12] W. Bodenheimer: Über die Beziehungen zwischen Sauerstoffverbrauch und Tätigkeit des Froschherzens. Archiv für experim. Pathol.u. Pharmakologie 1916, Bd. 80. Vgl. Rohde: Apparat zur fortlaufenden Messung des Gaswechsels und der Tätigkeit des Froschherzens. Internationaler Physiologenkongreß Groningen 1913.

[13] W. Fischer: Über die Rolle des Alkohols im Stoffwechsel des Warmblüterherzens. Archiv für experim. Pathol. u. Pharmakologie 1916, Bd. 80.



Einige Bemerkungen über den Schwirrflug der Insecten mit besonderer Berücksichtigung der Halteren der Zweiflügler.

Von **W. von Buddenbrock** (z. Zeit im Felde).

Mit 4 Textfiguren.

Das Problem, zu welchem Zwecke die Halteren der zweiflügligen Insecten (Dipteren) wohl dienen mögen, ist schon seit langer Zeit gestellt und seine Lösung auf experimentellem Wege versucht worden. Das häufig und von zahlreichen Autoren angestellte Experiment der Exstirpation dieser Organe führte in übereinstimmender Weise zu dem Ergebnis, daß die Tiere nicht mehr imstande sind, geschickt zu fliegen, vor allem mißlingt ihnen der Abflug; nur mit Mühe vermögen sie vom Boden hochzukommen.

Trotz dieser klaren Resultate blieb es bis heute durchaus unverständlich, wozu die Halteren nun eigentlich dienen, denn nur das Was, nicht aber das Wie ihrer Function war durch den Versuch sichergestellt. In welcher Weise die von ihnen ausgehende Beeinflussung des Flugvermögens zu denken sei, ist aber auch durch den Versuch selbst nur schwer zu entscheiden, da sich mit den äußerst zarten Organen viel anderes als ihre gänzliche Entfernung kaum anstellen läßt, höchstens kann man sie noch festkleben. In beiden Fällen erreicht man aber nur den Gesamteffekt, die Flugunfähigkeit des Insects, über deren nähere Bedeutung wir nach wie vor im Unklaren bleiben.

Die Auffassung, welche die einzelnen Autoren von der Function dieser Organe sich bildeten, fiel dementsprechend auch sehr verschieden aus: Sie sind im Laufe der Zeit als Gleichgewichtsorgane betrachtet worden, sie sollten die Respiration während des Fluges erleichtern, oder durch Anschlagen an das Afterläppchen die Flügelbewegungen unter gewissen Umständen hemmen und dadurch den Flug beeinflussen, auch zum Hören sollten sie dienen oder als tonerzeugende Organe usw.

Alle diese Deutungen haben heute nur noch historisches Interesse; Genaues über ihre Widerlegung ist bei WEINLAND nachzulesen (Über die Schwinger [Halteren] der Dipteren, Z. f. wiss. Zoolog. Bd. 51. 1890). Dieser Autor ist meines Wissens der letzte, der eine ausführliche Hypothese über die Function der Halteren aufgestellt hat, dieselbe muß daher noch kurz besprochen werden.

WEINLAND geht von der Grundtatsache aus, daß Festkleben der Halteren ebenso wirkt wie ihre vollständige Entfernung. Die Bewegung der Organe ist somit das Wesentlichste an ihnen. Er betrachtet nun die Schwingkölbchen als eine Art von dynamischen Gleichgewichtsorganen, d. h. sie wirken nach ihm nicht durch ihre Schwere an sich, die ja sehr gering ist, sondern durch die Centrifugalkraft, die sie infolge ihrer rapiden Bewegung auf ihre Basis ausüben sollen. Er schreibt: „Wenn wir jeden der beiden Schwinger einer Fliege als eine gestielte mit Blut gefüllte und also ziemlich schwere Blase auffassen, welche seitlich mit dem hinteren Ende des Thorax verbunden ist .... so wird die Bewegung des Schwingers einen Zug nach unten auf den hinteren Teil des Thorax ausüben ...... also den Schwerpunkt der Fliege .... etwas weiter nach hinten zu rücken streben.“ Er unterscheidet dann weiterhin eine Reihe verschiedener Bewegungsarten der Schwinger und sucht ihre Wirkungen im einzelnen zu ergründen. Dieselben interessieren uns hier weniger. Dagegen scheint WEINLANDS Grundauffassung, daß durch hin- und herschwingende Bewegung eines excentrischen Körperteils eine Centrifugalkraft zustande kommen könne, sehr wenig begründet. Meines Erachtens tritt nur eine geringfügige Änderung des Schwerpunktes in folgender Weise ein: Nehmen wir zur möglichsten Vereinfachung der zu untersuchenden Sachlage eine Kugel M an, mit welcher eine kleinere P durch eine gewichtslose Stange verbunden sei, ferner, daß P von A bis B und wieder zurück schwingt; dann ist klar, daß eine Verlagerung des Schwer- und Mittelpunktes der Kugel M von C_1 nach C_2 die Folge ist, derart, daß der Schwerpunkt des ganzen Systems seine Lage S beibehält. Bei einer Pendelbewegung der Kugel P pendelt folglich der Mittelpunkt der Kugel M zwischen C_1 und C_2 hin und her, ein weiterer Effekt

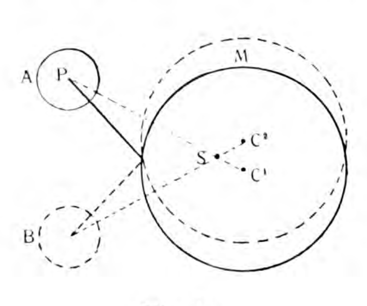


Fig. 1.

ist nicht zu erwarten. Hiervon abgesehen, läßt sich noch ein Einwand allgemeiner Natur gegen die WEINLANDsche Erklärung machen. Wenn man wie er die Halteren mit der Steuerfähigkeit der Fliegen in Beziehung setzt, dann muß man logischerweise annehmen, daß die vierflügligen Insecten, die doch genau so gut steuern können, irgend ein analoges Organ besitzen. Das ist aber in höchstem Grade unwahrscheinlich. Wir wissen zudem neuerdings durch eine sehr schöne Untersuchung von STELLWAAG (Wie steuern die Insecten während des Fluges? Biol. Zentralbl. Bd. 36. 1916), daß alle Insecten durch einseitige, z. T. sehr ausgiebige Flügelbewegungen steuern. Wir haben nicht den geringsten Anhalt dafür, daß die Tiere hierzu außer den Flügeln noch irgend welcher anderer Hilfsorgane bedürfen. Dies alles spricht sehr gegen die Auffassung der Halteren als Steuerorgane. Wozu also dienen sie?

Der Naturforscher kann in einem solchen Falle, der wie oben ausgeführt wurde, dem Experiment nur wenig zugänglich ist, nur einen einzigen Weg beschreiten, den der vergleichenden Beobachtung. Er muß zusehen, ob es nicht im näheren Umkreise ähnliche Erscheinungen gibt, von denen aus auf das zu lösende Einzelproblem einiges Licht fällt.

Dieser Weg ist in dem folgenden kleinen Aufsatz beschritten. Er bringt experimentell nichts Neues, doch scheint es mir schon mit den jetzt bekannten Versuchsergebnissen möglich zu sein, die Halterenfrage in befriedigender Weise zu lösen, sofern man nur gewisse andere Beobachtungen zum Vergleich heranzieht, die sich auf den Flug der Insecten beziehen.

Der Unterschied zwischen Flattern und Schwirren.

Wir gehen von der Tatsache aus, daß die Schwingkölbchen eine äußerst rasch vibrierende Bewegung ausführen, und daß dieselbe zu ihrer Function unerläßlich ist: Festkleben der Halteren wirkt genau so wie ihre Exstirpation. Suchen wir nach ähnlichen vibrierenden Bewegungen bei anderen Insecten, so zeigt sich zunächst, daß man diese ganze Tiergruppe nach ihrer Art zu fliegen einteilen kann in Schwirrer und Flatterer, die freilich durch zahlreiche Übergänge miteinander verbunden sind.

Zu den Schwirrern, deren Flügel äußerst schnelle Vibrationen ausführen und demzufolge beim Fliegen einen brummenden bis singenden Ton erzeugen, gehören außer den Dipteren die

größeren Coleopteren, die dickleibigen Nachtfalter unter den Lepidopteren, schließlich noch zahlreiche Hymenopteren.

Als Typus der Flatterer, die mit sehr langsamen Flügelschlägen durch die Luft gleiten, wollen wir die Tagfalter ansehen, während andere Gruppen, z. B. die Libellen, zwischen Schwirren und Flattern vermitteln.

Die Schwirrer sind charakterisiert durch verhältnismäßig kleine Flügel, die Flatterer durch große Flügel. Die verschiedene physikalische Wirkung beider läßt sich in ganz grober Weise wie folgt verständlich machen:

Bezeichnen wir mit F die Flügelfläche, mit p den Druck pro Flächeneinheit, den der Flügel auf die Luft ausübt, so läßt sich die treibende Kraft eines Flügelschlages mit $p \cdot F = K$ veranschaulichen, und zwar beträgt sie beim Schwirrer $p \cdot f = k$, beim Flatterer $p \cdot F = K$. Da nun, gleiche Größe und Geschwindigkeit bei beiden Insecten vorausgesetzt, auch die Arbeitsleistung bei ihnen die gleiche sein muß, so tritt beim Schwirrer eine Vervielfältigung der Flügelschläge $n/_1$ gegenüber dem Flatterer ein, so daß jetzt $n \cdot p \cdot f = p \cdot F = K$ ist.

Die Schnelligkeit der Flügelschwingungen der Schwirrer zeigt sich dem Ohre durch die Tonhöhe des summenden Geräusches an, welches das Insect beim Fliegen erzeugt. Sie ist am höchsten bei gewissen Dipteren (Culiciden), deren Singen ja genügend bekannt ist.

Das Schwirren vor dem Fluge der Schwirrer.

Dem Unterschied in der Flugart der beiden Gruppen der Schwirrer und Flatterer entspricht nun auch ihr verschiedenes Verhalten beim Übergang von der Ruhe in die Bewegung. Ein Flatterer, also z. B. ein Tagfalter, kann, wie ein jeder weiß, sich mit dem ersten Flügelschlag von der Blume, die er besuchte, in die Lüfte erheben; ein schwirrender Schmetterling dagegen, sei es ein dickleibiger Sphingide, ein Bombycide oder eine Noctuide, fliegt, aus der Ruhe gestört, oder abends erwachend, nicht sogleich weg, sondern beginnt erst in eigentümlicher Weise „vor dem Fluge auf der Stelle zu schwirren.“ Hierbei bleiben die Flügel fast genau wie in der Ruhe dachförmig geschlossen, sie fangen erst langsamer, dann immer schneller zu vibrieren an, und erst, wenn dieses Spiel eine Zeitlang gegangen ist, öffnet der Falter plötzlich seine Flügel und fliegt pfeilgeschwind davon.

Dieses Vibrieren, bei dem der ganze Körper mit erregt wird, zeigt in durchaus analoger Weise, wenn auch in langsamerem Tempo, ein jeder größere Käfer vor dem Fluge. Wer einmal am Abend einen fluglustigen Maikäfer auf den Finger nahm, dem wird es aufgefallen sein, was für umständliche Manipulationen beschriebener Art das Tier vornimmt, bevor es sich der Luft anvertraut. Die kleineren Käfer fliegen ohne weiteres davon.

Ein wichtiger Unterschied zwischen Käfer und Nachtfalter besteht insofern, als bei dem Käfer hauptsächlich die Elytren, daneben aber auch der Kopf, der Hinterleib usw. vibrieren, die beim Flug selbst bewegungslos sind, während die eigentlichen Flugorgane, die Hinterflügel, am Vibrieren keinen Anteil haben. Beim Nachtfalter hingegen vibrieren vor dem Fluge die Flugorgane selbst.

Wir lernen also hier die sehr merkwürdige Erscheinung kennen, daß die überwiegende Mehrzahl der Schwirrflieger im engeren Sinne, d. h. derjenigen Insecten, die während des Fluges einen hörbaren Ton erzeugen, dem Fluge selbst stets ein „S c h w i r r e n v o r d e m F l u g e" vorangehen lassen, welches den Flatterern und den Übergangsformen fehlt.

Damit sind uns von selbst die beiden folgenden Aufgaben gestellt: Erstens ist das Wesen dieses „Schwirrens vor dem Fluge" zu ergründen und zweitens gilt es zu erforschen, warum einerseits den Flatterern, anderseits den Dipteren, welche die ausgesprochensten aller Schwirrflieger sind, ein solches Vorstadium fehlt, bezw. es ist festzustellen, ob und inwieweit das Schwirren der Halteren mit diesem Schwirren identifiziert werden kann.

Es ist mir nicht bekannt, wo in der Fachliteratur dem „Schwirren vor dem Fluge" Erwähnung getan wird, auch bin ich außerstande, hier im Felde etwas darüber nachzulesen. Nur soviel weiß ich, daß die allgemein verbreitete populäre Ansicht über diesen Punkt dahin geht, daß beispielsweise der Maikäfer sich mit diesen Bewegungen Luft einpumpe, um zum Fluge ein geringeres spezifisches Gewicht zu erreichen. Wahrscheinlich gründet sich diese Anschauung lediglich auf den äußeren Eindruck, den die Bewegung des Insects auf den naiven Beschauer macht, ich bezweifle, ob sie jemals einem Versuch unterworfen wurde und glaube sogar mit Sicherheit behaupten zu können, daß sie völlig verfehlt ist.

Meine Hauptargumente, die ich gegen diese landläufige Erklärung des „Schwirrens vor dem Fluge" ins Feld zu führen habe, sind folgende:

1. Ein Körper, wie ihn ein Insect besitzt, kann sein spezifisches Gewicht nur in der Weise verringern, daß er sein Volumen durch Gasaufnahme oder Gasausscheidung vergrößert. Soll diese Gewichtsverringerung für den Flug von irgend welcher praktischen Bedeutung sein, so muß die Volumvergrößerung prozentual schon einen recht erheblichen Umfang annehmen und folglich ohne weiteres sichtbar sein. Dies ist aber ganz sicher weder bei Käfern noch bei Nachtfaltern der Fall, folglich muß die behauptete Luftaufnahme überhaupt bestritten werden.

2. Ist der Körper des Insects je nachdem, ob sein Darm mit Nahrung gefüllt oder leer ist — man denke an einen gefräßigen Maikäfer — von so verschiedenem Gewicht, daß daneben selbst eine ziemlich bedeutende Luftaufnahme überhaupt nicht in Betracht kommt. Folglich würde dieselbe ein sehr wenig taugliches Mittel sein, was gegen ihre Existenz spricht.

Dies sind zunächst die Gründe allgemeiner Natur, die gegen die bisherige Deutung des „Schwirrens vor dem Fluge" anzuführen sind. Ihnen schließen sich noch die folgenden von speziellerem Charakter an.

3. Wenn das Vibrieren der Flügel vor dem Fluge eine bessere Füllung der Tracheen mit Luft oder sonst irgend etwas zur Folge hätte, was in nur indirekter Beziehung zum Fluge selbst stände, so wäre es höchst überflüssig. Denn der angestrebte Effekt würde ganz von selbst auch während der ersten wirklichen Flugbewegungen eintreten, mit denen doch genau das gleiche Vibrieren notwendigerweise verbunden ist.

4. Die bereits erwähnte Tatsache, daß nur die Schwirrer, nicht aber die Flatterer vor dem Fluge schwirren, kann nicht darauf beruhen, daß die Flatterer eine Verringerung des spezifischen Gewichts zum Fliegen weniger gut gebrauchen könnten, wenigstens ist dies letztere in keiner Weise einzusehen. Auch mit der Größe dieser Tiere, etwa in dem Sinne, daß die Schwirrer als meist dickleibige schwere Tiere eine solche Luftaufnahme nötiger hätten als die meist schlankeren und zarteren Flatterer, hat diese Frage nichts zu tun. Gerade dies ist lehrreich, daß selbst die größten und dickleibigsten Schmetterlinge, soweit sie Flatterer sind, nicht vor dem Fluge schwirren. Beispiel: die Ordensbänder (Catocala).

Die verschiedene Flugtechnik ist also offenbar die Ursache davon, daß nur die Schwirrflieger, nicht die Flatterer vor dem

Fluge schwirren. Folglich kann diese eigentümliche Bewegungsform weder direkt noch indirekt mit dem Fluge im allgemeinen etwas zu tun haben, sondern nur mit der spezifischen Flugleistung, wie sie uns im Schwirrfluge entgegentritt.

5. Gesetzt, das Schwirren vor dem Fluge diene der Luftaufnahme, so könnte dies reizphysiologisch nur so verstanden werden, daß der Luftmangel in irgend welcher Weise hemmend auf die Flugbewegung selbst wirkt.

In diesem Falle ist zu erwarten, daß der eigentliche Flug erst beginnt, wenn die Luftaufnahme beendet, bezw. die sie bedingende Bewegung erloschen ist, anders ausgedrückt, wenn das Schwirren vor dem Fluge selbst aufgehört hat.

Dies widerspricht aber durchaus der Erfahrung. Nirgends liegen die Verhältnisse so, daß das Schwirren vor dem Fluge allmählich wieder aufhört und erst darauf der Flug beginnt, sondern im Gegenteil: Die Schwirrbewegung vor dem Fluge wird mit der Zeit immer stürmischer, der Flug beginnt, wenn sie den Höhepunkt erreicht hat, und dies kann nur so gedeutet werden, daß der Flug die direkte Fortsetzung und Steigerung des Schwirrens ist.

6. Wollen wir unsere Gegengründe mit einem solchen beschließen, der sich auf einen Versuch stützt und mir darum doppelt wichtig erscheint: Ich lasse einen Maikäfer in gewohnter Weise abfliegen, fange ihn aber nach wenigen Schritten wieder auf und zwinge ihn zur Ruhe. Das Tier schließt die Flügel. Nun öffne ich die Hand wieder, der Käfer wird von neuem fluglustig und fängt genau wie beim erstenmal zu schwirren an. Dies beweist direkt, daß der Zweck des Schwirrens nicht eine materielle Veränderung irgend welcher Art ist, wie z. B. die behauptete Luftaufnahme, denn alsdann wäre das erneute Schwirren überflüssig. Durch das Schwirren kann nur eine rasch vergängliche Veränderung des Erregungszustandes herbeigeführt werden, und folglich ist ihm keine andere Bedeutung zuzusprechen, als daß es eine notwendige Zwischenstufe zwischen Ruhe und Schwirrflug darstellt.

Die Halteren der Fliegen.

Damit sind wir so weit, daß wir nun auch einen Blick auf die Halteren werfen können. Solange man die Schwirrbewegungen der Nachtfalter und Käfer vor dem Fluge für etwas hielt, was mit dem

Fluge selbst nichts gemein hat, solange blieben die Halteren eine vereinzelte, mit nichts zu vergleichende Erscheinung, und ihr Verständnis wurde hierdurch wesentlich erschwert.

Wenn es nun aber feststeht, daß das Schwirren vor dem Fluge bei den anderen Insecten ein notwendiges Zubehör des eigentlichen Schwirrfluges ist, dann steht nichts mehr im Wege, die sowohl hinsichtlich der Bewegungsart als auch der Wirkungsweise analoge Tätigkeit der Halteren auf die gleiche Stufe zu stellen.

Damit ist aber für das Verständnis der Halteren viel gewonnen. Vorher konnte man sie für allerlei halten, z. B. für eine Art Steuer- oder Gleichgewichtsorgane, wie noch WEINLAND es tat. Jetzt, wo wir ihre Tätigkeit mit anderen Schwirrbewegungen gleichsetzen, welche vor dem Fluge geschehen, kann hiervon keine Rede mehr sein. Was vor dem Fluge geschieht, kann unmöglich die zukünftigen Einzelheiten der Flugbewegungen beeinflussen, sondern nur die Flugleitung insgesamt, die Energie des Fluges.

Somit können wir den folgenden Leitsatz aufstellen: Das Schwirren der Halteren bei den Fliegen, der Elytren, des Kopfes und Abdomens bei den Käfern, der Flügel bei den Nachtfaltern, befördert in irgend einer Weise die Energieleistung des Flügelschlages, wie sie zur Durchführung des Schwirrfluges nötig ist.

Wollen wir nun das Wie dieser Beeinflussung näher ergründen, so ist es notwendig, die Physiologie der rhythmischen Bewegungen ein wenig eingehender zu betrachten.

Das Zustandekommen einer solchen kann man sich zunächst auf folgende Weise vorstellen, die übrigens tatsächlich vorkommt und für gewisse Fälle experimentell nachgeprüft ist.

Es ist ein dauernd wirksamer Reiz vorhanden, er wird aber nur in Intervallen beantwortet, die dadurch entstehen, daß der reizbeantwortende Muskel von Zeit zu Zeit seine Reizbarkeit verliert. Dieser Fall, dessen Klarstellung wir J. v. UEXKÜLL verdanken, liegt wahrscheinlich überall dort vor, wo es sich um die Muskelwirkung zweier Antagonisten handelt. Der jeweils contrahierte Muskel verliert während des Contractionszustandes seine Reizbarkeit und erschlafft, der gedehnte dagegen wird reizbar und contrahiert sich; es resultiert eine pendelnde Bewegung. Als Beispiel sei der Seeigelstachel genannt. Da hierbei die rhythmische Bewegung von der Anfangsbewegung selbst sich ableitet, wollen wir diesen Vorgang Selbsterregung nennen.



Zweitens kann die rhythmische Bewegung irgend eines Gliedes durch nervöse Kuppelung mit einem anderen in rhythmischer Bewegung befindlichen Körperteil zustande kommen. Beispiele hierfür liefert der Bewegungsmechanismus der Vierfüßler (auch der Insecten usw.), bei denen meist das Vorderbein mit dem Hinterbein der anderen Seite durch nervöse Leitung derart verbunden ist, daß die rhythmische Bewegung des Hinterbeins durchaus synchron mit derjenigen der vorderen Extremität verläuft.

Da hierbei der Rhythmus von einem anderen Körperteil übertragen wird, sei die er Vorgang als Fremderregung bezeichnet.

Sehen wir nun zu, ob diese auf anderen Gebieten gewonnenen Kenntnisse eine Nutzanwendung auf das hier behandelte Problem vom Schwirrflug der Insecten erlauben und fassen wir zunächst den Fall der soeben besprochenen Fremderregung ins Auge.

Zunächst freilich wollen wir uns einem anderen Gegenstande zuwenden. Wenn man die rhythmischen Bewegungen, die sich im Tierreiche vorfinden, mit einer andern vergleicht, so fällt einem sofort die überaus große Ähnlichkeit auf, die zwischen der Tätigkeit eines Hörkölbchens einer Meduse und der Haltere einer Fliege in fast allen Zügen besteht.

Bei beiden existiert zunächst ein klöppelförmiges Gebilde, zu dessen Function seine pendelnde Bewegung unerläßlich ist. Wir müssen es als Reizorgan auffassen. Es ist zunächst belanglos, daß diese Bewegung im Falle der Meduse ein passives Hin- und Herschwingen, bei der Fliegenhaltere eine aktive Muskelbewegung ist. In der Nähe der Reizorgane findet sich in beiden Fällen ein Sinnesorgan, das wir als Receptor des Reizes betrachten müssen, der durch die Bewegung des schwingenden Kölbchens hervorgerufen wird. Schließlich ist hier wie dort ein Erfolgsorgan vorhanden, welches in nachweisbarer Abhängigkeit von der Bewegung des schwingenden Kölbchens Bewegungen vollführt: Der Verlust des Reizorgans hat bei den Medusen völligen Stillstand der Schwimmuskulatur, bei den Fliegen eine bedeutende Beeinträchtigung der Flugbewegung zur Folge.

Die Ähnlichkeit erstreckt sich sogar auf geringfügige Einzelheiten. Ich erinnere an die köpfchenartige Anschwellung, die sowohl das Hörkölbchen als auch die Haltere besitzt. Angesichts dieser weitgehenden Übereinstimmung in Bau und Function ist es kaum möglich, an der wirklichen Wesensgleichheit beider Erscheinungen zu zweifeln. Wir werden folglich im ganzen sagen

müssen, daß wie das Hörkölbchen der Medusen so auch die Haltere der Zweiflügler 1. ein Reizorgan ist, das einen Reiz durch seine schwingende Bewegung hervorruft, und 2. zugleich ein Sinnesorgan, das eben diesen Reiz recipiert, welcher, dem Flügel zugeleitet, diesen zu lebhaften Bewegungen befähigt

Wir haben also bei der Haltere und dem Flügel eine Bewegung A, die durch nervöse Übertragung eine Bewegung B zur Folge hat; und wenn wir uns nun der nervösen Kuppelung der beiden rhythmischen Bewegungen erinnern, die wir beim Bewegungsmechanismus der Quadrupeden kennen lernten, so ist es unter Heranziehung auch dieser Analogie unschwer, sich ein endgültiges Bild von der Tätigkeit der Halteren zu machen: Die rhythmische Bewegung der Haltere erzeugt in den an ihr befindlichen Sinnesorganen einen rhythmischen Reiz, der mit Hilfe nervöser Übertragung das rhythmische Hin- und Herschwingen der Flügel ermöglicht.

Haben wir am Anfang der Untersuchung, ausgehend von der Ähnlichkeit des Schwirrens vor dem Fluge vieler Insecten mit der Tätigkeit der Halteren, einen Rückschluß auf die nähere Function dieser letzteren gezogen und aus ihm mancherlei gelernt, so sind wir jetzt am anderen Ende: Die Halteren sind uns augenblicklich infolge ihrer Vergleichbarkeit mit den Hörkölbchen der Medusen die bestbekannten Schwirrorgane, worunter wir also Organe verstehen, deren Function die Erzeugung eines rhythmischen Reizes ist, der sich dem Flugorgan überträgt. Wir ziehen folglich von ihnen aus nunmehr einen Rückschluß auf die Function der anderen Schwirrorgane und beginnen mit den Käfern. Wie bei den Fliegen ist hier Schwirrorgan und Flugorgan getrennt, nur ist kein bestimmtes, der Haltere gleichzustellendes Specialschwirrorgan vorhanden, sondern es beteiligen sich eine ganze Menge verschiedener Organe an der Erzeugung des Rhythmus: Kopf, Abdomen, Elytren. In genauer Analogie mit der Fliege können wir sagen, daß diese rhythmische Bewegung der Elytren usw. einen rhythmischen Nervenreiz hervorruft und daß dieser Reiz, sobald er die nötige Frequenz erreicht hat, ohne weiteres die Flugmuskeln zu rhythmischer Bewegung befähigt. Soweit herrscht genaue Übereinstimmung.

Abweichend ist das Verhalten des Käfers nur insofern, als es bei ihm nur eines Anstoßes bedarf, um den Flügel in Bewegung zu bringen, — die Schwirrorgane, d. h. also Kopf, Abdomen, Elytren

bewegen sich, soviel wir wissen, während des Fluges nicht mehr, — während bei der Fliege die rhythmische Erregung fortdauert. Da wir nun nichts anderes wissen, als daß eine jede rhythmische Bewegung eines fortgesetzten Reizes bedarf, so müssen wir zunächst annehmen, daß während des Fluges selbst die rhythmische Bewegung eines jeden Flügelschlages in irgend einer Weise den Rhythmus des folgenden hervorruft, so daß die Maschine, ist sie einmal in Gang gesetzt, allein weiter läuft.

Es gilt also jetzt, zunächst das Wesen dieses Mechanismus zu ergründen. Wie vorweggenommen sei, ist die hier aufgeworfene Frage mit der anderen identisch, wie wohl die Entstehung der primären rhythmischen Bewegung der Schwirrorgane zu denken sei, wir wollen daher die Besprechung dieser selbst hier gleich einfügen.

Die primäre rhythmische Bewegung der Schwirrflieger.

Es ist ohne weiteres klar, daß wir hier eines anderen Prinzipes bedürfen als desjenigen der Zurückführung auf einen bereits vorhandenen Rhythmus. Wir werden daher auf den oben erwähnten Fall der Selbsterregung zurückgreifen: Entstehung eines Rhythmus durch continuierlichen Reiz und rhythmische Unterbrechung seiner Beantwortung. Diese Erklärung wurde, wie bereits erwähnt, zum erstenmal von J. v. Uexküll auf das Problem der Bewegung des Seeigelstachels angewendet, indessen kann es auch für eine jede andere pendelnde Bewegung Gültigkeit beanspruchen.

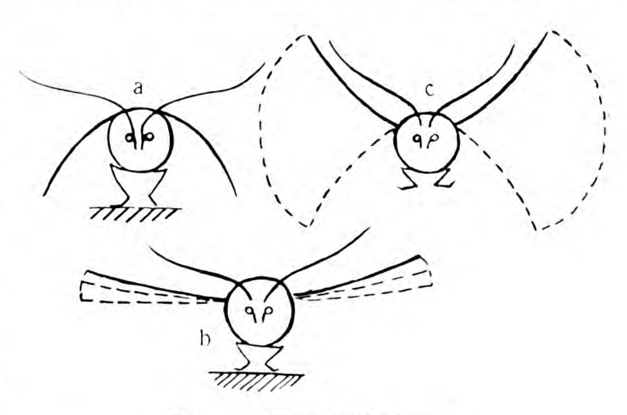


Fig. 2. Nachtfalter, Beispiel reiner Selbsterregung;
a) ruhend;
b) schwirrend; rhythmische Bewegung durch Selbsterregung erzeugt;
c) fliegend; Fortsetzung der Selbsterregung und Vergrößerung der Amplitude.

Wir gehen also von der Existenz eines einarmigen Hebels aus, der von zwei antagonistischen Muskeln hin und herbewegt wird,

und nehmen als Anfangsstellung eine solche an, wo der eine Muskel verkürzt ist. Beide Muskeln beziehen vom Nervensystem die gleiche Erregung. In der angenommenen Stellung ist nun aber der eine, weil verkürzte Muskel nicht mehr erregbar, die Erregung wirkt jetzt folglich auf den erschlafften, dessen Contraction den Hebel nach der anderen Seite hinüberzieht, das Spiel wiederholt sich dauernd, und so erhalten wir den Rhythmus.

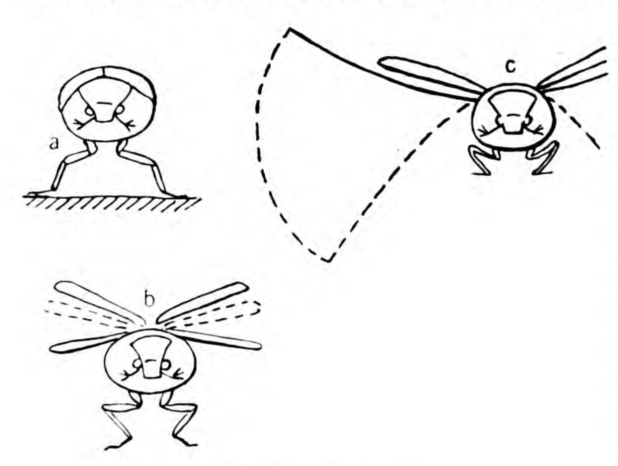


Fig. 3. Käfer,
a) ruhend;
b) schwirrend; mit den Elytren, Kopf Abdomen etc. (Selbsterregung);
c) fliegend; rhythmische Bewegung durch Fremderregung von den Elytren etc. auf die Flügel übertragen. Weiterer Flug durch Selbsterregung gewährleistet.

Nach diesem Prinzip ist es also zunächst vorstellbar, wie von der Ruhe aus die rhythmische Bewegung des Schwirr-Organs zustande kommen kann. Es eröffnet aber auch das notwendige Verständnis für die andere Frage, die uns vorlag, wie nämlich die Fortsetzung der rhythmischen Bewegung möglich sei, wenn, wie bei den Käfern, der anfangs als Anstoß wirkende rhythmische Reiz erlischt. Es gilt hier ganz offenbar genau das Gleiche wie beim Anfang der Bewegung. Wir können folglich den obigen Satz, „daß während des Fluges selbst die rhythmische Bewegung eines jeden Flügel-

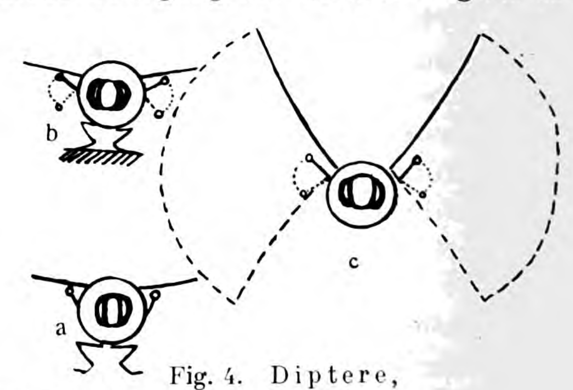


Fig. 4. Diptere,
a) ruhend;
b) mit schwirrenden Halteren, Selbsterregung;
c) fliegend; Halterenrhythmus auf Flügel durch Fremderregung übertragen. Flugrhythmus fortdauernd hierdurch und durch Selbsterregung garantiert.

schlages in irgend einer Weise den folgenden Rhythmus hervorruft," jetzt dahin ergänzen, daß eine jede Contraction des einen Flugmuskels während des Fluges die nachfolgende Contraction seines Antagonisten unmittelbar bewirkt, und damit können wir die Käfer verlassen.

Es bleiben jetzt nur noch die Nachtfalter zu besprechen, bei denen es also gar kein besonderes Schwirrorgan gibt, sondern die Flugorgane selbst diese Function mit übernommen haben: Erst Schwirren, dann Flug. Nach dem, was wir bereits von Fliegen und Käfern wissen, spielt sich beim Nachtfalter der Erregungsvorgang folgendermaßen ab:

Der Rhythmus entsteht wie überall durch Selbsterregung, erlangt allmählich die zum Fluge nötige Frequenz, worauf der Flug durch Vergrößerung des Flügelschlages eintritt. Eine Zuhilfenahme der bei den Insecten mit Sonderung von Schwirrorgan und Flugorgan auftretenden Fremderregung ist hier überflüssig. Ich habe diesem Abschnitte vorstehend einige Abbildungen beigefügt, an denen das verschiedene Verhalten von Nachtfalter, Käfer und Fliege ersichtlich ist.

Die biologische Bedeutung des Schwirrens vor dem Fluge.

Bis zu diesem Punkte haben wir nichts anderes erreicht, als daß wir den physiologischen Zusammenhang zwischen dem Schwirren vor dem Flug bezw. der Halterenbewegung und der Flugbewegung selbst erkannten: Wir können uns vorstellen, wie das Schwirrorgan auf das Flugorgan tatsächlich wirkt.

Damit ist aber unser Problem noch lange nicht gelöst, denn wir haben noch keineswegs begriffen, warum die Natur diesen anscheinend so complicierten Weg einschlug und zwei rhythmische Bewegungen hintereinander schaltete, statt sich mit einer einzigen zu begnügen.

Mit dem größten Recht kann man sagen, daß, wenn eine rhythmische Bewegung B zu ihrem Zustandekommen der bereits vorhandenen rhythmischen Bewegung A bedarf, dies im Grunde genommen sehr wenig verständlich ist. Bei der Meduse, von welcher wir, wie erinnerlich, ausgingen, liegen die Verhältnisse ja durchaus anders. Auch hier ist zwar eine doppelte rhythmische Bewegung vorhanden, die primäre des Hörkölbchens und die sekundäre der Velum bezw. Subumbrellarmuskeln. Hier aber ist

die primär auftretende Bewegung des „Hörkölbchens“ nicht das Product des Tieres, sondern sie wird rein mechanisch durch die stets vorhandene Bewegung des Wassers hervorgerufen. Bewegt sich später das Tier selbst, so wird eben hierdurch das Hörkölbchen wiederum rein mechanisch in Schwingungen versetzt. Eine doppelte, von dem Tier selbst erzeugte rhythmische Bewegung gibt es also hier gar nicht.

Bei den schwirrenden Insecten dagegen ist die primäre Schwirrbewegung eine aktive Muskelleistung so gut wie die secundäre sich anschließende Flugbewegung, und dadurch wird die ganze Sachlage sehr unverständlich. Es muß also, sollen die bisher gefundenen Resultate zu Recht bestehen bleiben, in folgendem gezeigt werden, warum es des primären Rhythmus überhaupt bedarf, und warum nicht der secundäre Rhythmus so gut wie der primäre ohne weiteres durch Selbsterregung entstehen kann unter Wegfall des Schwirrens vor dem Fluge.

Ein Verständnis für diesen äußerst wichtigen Punkt gewinnen wir durch folgende Überlegung, die freilich eines kleinen hypothetischen Beigeschmackes nicht entbehrt.

Wir wissen zunächst, daß der Schwirrflug der Insecten eine ganz außerordentliche Energieleistung ist, man kann direct sagen, die größte Energieleistung im gesamten Tierreich. Weiterhin wollen wir uns an dieser Stelle dessen erinnern, daß das Tier, von gewissen letzten Dingen abgesehen, eine Maschine ist und der Bewegungsphysiologe durchaus keinen Fehler macht, wenn er dasselbe mit einem Kraftmotor vergleicht.

Von unseren technischen Kraftmotoren wissen wir nun, daß s i e v o m S t i l l s t a n d a u s i h r e m a x i m a l e L e i s t u n g n i c h t p l ö t z l i c h e r r e i c h e n k ö n n e n, s o n d e r n n u r a u f d e m W e g e e i n e r a l l m ä h l i c h e n S t e i g e r u n g. Dies ist es, was ich mich für berechtigt halte, ohne weiteres auf die tierischen Kraftmotore zu übertragen.

Hieraus ergibt sich nun das Folgende: Die Energieleistung des Schwirrfluges der Insecten setzt sich aus zwei Componenten zusammen, erstens der Größe des einzelnen Flügelschlages (Amplitude) und zweitens der Zahl dieser Schläge pro Zeiteinheit. Soll diese Energieleistung von der Ruhe aus allmählich erreicht werden, so könnte dies theoretisch betrachtet auf 3 verschiedene Arten vor sich gehen:

1. Frequenz und Amplitude werden von 0 ausgehend gleichzeitig gesteigert.

2. Die Amplitude setzt sofort mit voller Größe ein, nur die Frequenz steigert sich allmählich bezw. setzt erst nachher mit ganzem Betrage ein.

3. Die Frequenz erreicht bei minimaler Amplitude sofort die Höchstzahl und die große Amplitude kommt erst hinterdrein zur Entwicklung.

Die Schwirrflieger arbeiten nun offenbar nach Modus 3, der sich gewissermaßen mit dem Leerlaufen einer Hochtourenmaschine vergleichen läßt, die dann plötzlich auf Arbeit umgeschaltet wird, und es ist nun recht leicht zu verstehen, warum dies durchaus notwendig ist:

Die Schwirrflieger sind so gebaut, daß ein Flug, d. h. ein dauerndes Schweben des Tieres überhaupt erst bei einer ziemlich hohen Frequenz möglich ist. Ein jeder Flugversuch bei geringer Frequenz, wie Modus 1 und 2 ihn anfangs voraussetzen, führt selbst bei maximaler Amplitude zu keinem Resultat, da die Arbeitsleistung infolge der kleinen Flügelflächen zu gering ist und ein Wiederabsinken zu schnell erfolgt. Man kann das direct beobachten, wenn man einen Nachtfalter z. B. Sphingiden aus der Ruhe aufschreckt und ihm keine Zeit läßt, vor dem Fluge zu schwirren, sondern ihn durch Reizung sofort zum Fluge bringt. Er hüpft dann in höchst ungeschickter Weise umher, rennt überall an und kommt nicht vom Fleck. Im besten Falle kommt es zu einem ganz kurzen sprunghaften Fluge, ohne daß das Insect in der Lage wäre, seine Landungsstelle zu bestimmen.

Würde der Schwirrflieger nach Modus 1 oder 2 seinen Abflug regeln, so müßte ein jeder Flug in dieser unbeholfenen Weise beginnen, solange, bis im Verlauf der Frequenzsteigerung diejenige Minimalfrequenz erreicht wäre, bei der ein geordneter Flug möglich ist.

Um diesen offensichtlichen Übelstand zu vermeiden, wird also Modus 3 eingehalten, d. h. erst kommt die Frequenz, also diejenige Componente des Schwirrflugs, bei der keine Arbeit geleistet wird, und hierauf erst wird der volle arbeitsleistende Ausschlag der Flügel eingesetzt, der jetzt mit der hohen Frequenz combiniert das Insect in schnellstem Fluge davonträgt. Ob hierbei wie bei den Nachtfaltern Schwirr- und Flugorgane eines ist, oder die Frequenz

auf sensorischem Wege vom gesonderten Schwirrorgan auf das Flugorgan übertragen wird, ist durchaus nebensächlich.

Hierin liegt der prinzipielle Unterschied zwischen Flatterern und Schwirrern. Auch bei den Flatterern dürfte eine allmähliche Steigerung der Flügelschlagfrequenz stattfinden; bei ihnen leistet aber jeder einzelne Flügelschlag namhafte Arbeit. Er hebt das Insect in die Luft, und die großen Flügelflächen verhindern ein schnelles Niedersinken. Folglich kommt ein richtiger, dauernder Flug schon bei sehr geringer Frequenz zustande und ein „Schwirren vor dem Fluge" wird überflüssig.

Wir haben in diesem Abschnitt die biologische Notwendigkeit erkannt, die das Schwirren vor dem Fluge für die Schwirrer besitzt, ohne Hinzunahme weiter hergeholter Hilfshypothesen; wir haben ferner gesehen, wie unnütz die gleiche Einrichtung für die Flatterer wäre; es bleibt folglich jetzt nur noch ein Punkt zu untersuchen übrig, welcher die Halteren betrifft. Der Unterschied zwischen ihnen und den Schwirrorganen der anderen Insecten besteht nur darin, daß die Halteren vermöge ihrer kleinen Abmessungen mit großer Amplitude schwirren können, ohne Arbeit zu leisten, und es steht also für uns fest, daß sie „Schwirrorgane" sind. Warum haben sie nun gerade diese sehr eigentümliche Form und geringe Größe?

Hierauf ist zu antworten: Der Zweck eines Schwirrorgans ist die Erzeugung der zum Fluge notwendigen Schwingungsfrequenz; je schneller diese Frequenz erreicht werden kann, um so besser für das Tier, denn um so eher kann es sich einer etwaigen Gefahr durch den Flug entziehen. Die Schnelligkeit, mit der irgend ein pendelnder Körper von der Ruhe aus eine bestimmte Anzahl Schwingungen pro Zeiteinheit erreichen kann, hängt nun neben anderem auch von seinen physikalischen Daten ab. Und zwar ist diese Schnelligkeit der Masse des betreffenden Körpers und dem durch seine Form bedingten Luftwiderstande umgekehrt proportional. Hieraus folgt unmittelbar, daß die Fliegenhaltere speziell diesem Zweck: in der kürzesten Zeit eine möglichst hohe Schwingungszahl zu erreichen, aufs Genaueste angepaßt ist. Ich sehe in dieser unleugbaren Tatsache einen der stärksten Beweise für die Richtigkeit der in diesem Aufsatze niedergelegten Hypothese. Keine der früheren Anschauungen über die Function der Halteren ist diesen Umständen gerecht geworden, besonders gilt dies von der WEINLANDschen. Soll die Haltere, wie er es will, als

Schwungkörper durch ihre Centrifugalkraft wirken, dann ist die Winzigkeit ihrer Abmessungen entschieden unzweckmäßig.

Infolge ihrer durch Kleinheit und Form bedingten Vorzüge ist die Haltere dem Flügel, aus dem sie entstanden ist, als Schwirrorgan außerordentlich überlegen. Es ist daher zu erwarten, daß sich dies in einer wenn auch nur bedingten Überlegenheit der Dipteren den 4flügligen Insecten gegenüber kundgibt. Das ist nun auch durchaus der Fall, und zwar zeigt sich charakteristischerweise diese Überlegenheit speziell beim Übergang von der Ruhe in die Bewegung. Kein anderes Insect vermag mit einer solchen Geschwindigkeit unmittelbar vom Sitzen aus abzufliegen wie etwa die Stubenfliege. Häufig kann man sofort einen hohen singenden Ton vernehmen. Reißt man ihr aber die Halteren aus, so bringt sie es nur zu einem matten, hüpfenden Flug. Dies ist offenbar so zu verstehen, daß die Halteren bereits im Bruchteil einer Secunde in rapide Schwingungen versetzt werden, so daß die Flügel sofort mit höchster Frequenz bewegt werden können. Der Flügel selbst dagegen, der eine hundertfach größere Masse besitzt und einen bedeutenden Luftwiderstand erzeugt, kann, wo er als Schwirrorgan auftritt, die gleiche Frequenz nur bedeutend langsamer erreichen, was in der Unfähigkeit z. B. der Nachtfalter sich ausdrückt, von der Ruhe aus sofort abzufliegen.

Fast alle wichtigen Punkte des uns vorliegenden Problems scheinen mir hiermit geklärt zu sein, nur einer, der bisher unerwähnt blieb, macht Schwierigkeiten, nämlich das Verhalten der größeren Hymenopteren. Hornisse, Hummel, Wespe und Biene sind zweifelsohne typische Schwirrflieger, z. T. erzeugen sie sogar einen recht hohen Ton beim Fluge. Trotzdem besitzen sie kein Schwirren vor dem Fluge, sondern fliegen ohne weiteres singend oder brummend davon. Dies scheint sehr gegen meine Hypothese vom Schwirren vor dem Fluge zu sprechen. Wenn ich dieselbe trotzdem aufrecht erhalte, so liegt dies in der Hoffnung begründet, daß vielleicht auch bei den Hymenopteren doch noch vibrierende Bewegungen gefunden werden möchten, welche dem Schwirren vor dem Fluge gleichzusetzen sind. Bei den Wespen dient vermutlich die zitternde Bewegung des Abdomens, die beim Sitzen dieses Insects so häufig beobachtet wird, dem gleichen Zwecke. Die Lösung dieser Frage muß der Zukunft überlassen bleiben.

Zusammenfassung.

I. Die physiologische Wirkung des Schwirrens vor dem Fluge.

1. Die Insecten lassen sich nach der Art ihres Fluges in Schwirrer und Flatterer einteilen.

2. Die überwiegende Mehrzahl der Schwirrer läßt dem eigentlichen Fluge ein „Schwirren vor dem Fluge" vorausgehen, ohne welches der Flug nicht gelingt. Dieses Schwirren dient nicht der Luftaufnahme, sondern ist als eine direkte Vorstufe des Fluges, als ein Übergang zwischen Ruhe und Schwirrflug zu betrachten. Die das Schwirren ausführenden Organe bezeichnen wir als „Schwirrorgane".

3. Die Tätigkeit der Halteren ist sowohl hinsichtlich der Bewegungsart als auch der aus ihr resultierenden Wirkung auf den Flug, diesem Schwirren vor dem Fluge vergleichbar. Die Halteren sind folglich keine Steuer- und Gleichgewichtsorgane, sondern Schwirrorgane.

4. Die Tätigkeit der Halteren läßt sich zweitens bis ins einzelne mit derjenigen der Hörkölbchen der Medusen vergleichen, so daß man beide Organe als wesensgleich betrachten muß. Die Halteren sind folglich erstens Reizorgane, indem ihre schwingende Bewegung als mechanischer Reiz wirkt, und zweitens Sinnesorgane, indem die an ihnen befindlichen Sinneszellen eben diesen Reiz recipieren. Der rhythmische Reiz wirkt auf die Flugmuskeln und befähigt dieselben zu schneller, rhythmischer Bewegung.

5. Rückschließend von den Halteren auf die Schwirrorgane der übrigen Schwirrflieger läßt sich nunmehr behaupten, daß auch diese der Erzeugung einer vibrierenden Erregung dienen, die sich dem Flügel überträgt und ihn erst flugfähig macht.

II. Die biologische Bedeutung des Schwirrens vor dem Fluge.

6. Die Schwirrflieger vermögen von der Ruhe aus die hohe Energieleistung, die zum Schwirrflug nötig ist, nicht sprungweise, sondern nur allmählich zu erreichen, fliegen aber können sie nur bei hoher Frequenz.

Ein Flugversuch bei geringer Frequenz hat nur ein unstetes Herumhüpfen und wieder zu Bodenfallen des Insects zur Folge. Um dies zu vermeiden, wird zunächst bei ganz kleiner Amplitude die nötige Frequenz erzeugt (Schwirren), worauf erst die große Amplitude einsetzt, die mit der hohen Frequenz gepaart die Möglichkeit eines raschen Fluges ergibt.

7. Die Halteren der Zweiflügler sind der Aufgabe, die an ein Schwirrorgan gestellt wird, eine hohe Frequenz in möglichst kurzer Zeit zu erreichen, in vollendetstem Maße angepaßt, erstens durch ihre Kleinheit, zweitens durch ihre der Luft einen minimalen Widerstand bietende Form.

Das Neue, was in diesem Aufsatze geboten wird, hat nur den Wert einer Hypothese und beansprucht in keiner Weise das hier behandelte Problem endgültig zu lösen. Wertlos scheint sie mir trotz dessen nicht zu sein, da sie eine Arbeitshypothese darstellt, an deren Hand es einem Experimentator nicht schwer fallen dürfte, eine ganze Anzahl von Einzelfragen durch den Versuch zu lösen und derart zu einer sicheren und endgültigen Entscheidung des Problems zu kommen. Mir selbst verbieten es die derzeitigen Umstände, den interessanten Gegenstand weiter zu verfolgen.

Im Felde, den 15. Juli 1916.

Die Aufgaben der orthopädischen Behandlung Kriegsverletzter in den Heimatlazaretten, mit besonderer Berücksichtigung ihrer Durchführung an dem Res.-Laz. Abt. 18 (Stadthalle) in Heidelberg.

Von Privatdozent Dr. **Baisch**,
Stabsarzt d. L. I. und fachärztlicher Beirat für Orthopädie.

Mit 9 Abbildungen im Text und 13 Abbildungen auf 10 Tafeln[1].

Die Behandlung Unfallverletzter bildete schon in Friedenszeiten einen Teil der Tätigkeit der Orthopäden, und die dabei gemachten Erfahrungen konnten jetzt zugute kommen. Aber der jetzige Weltkrieg mit seinen Millionenheeren und den beispiellos blutigen Schlachten brachte Zahlen von Verwundeten und Verstümmelten, die über jede Erwartung weit hinausgingen und damit gewaltige Anforderungen an die ärztliche Kunst stellten. Begreiflicherweise mußte es das Bestreben der Heeresleitung sein, in der Wiederherstellung der Verwundeten das äußerst Erreichbare zu leisten, und ein Gebot der Menschlichkeit ist es, den dauernd Verstümmelten mit allen Hilfsmitteln ärztlicher Kunst einen möglichst hohen Grad von Funktionsfähigkeit ihrer Glieder wieder zu verschaffen, um sie zu arbeits- und erwerbsfähigen Mitgliedern der menschlichen Gesellschaft zu machen. So war denn bald ein Bedürfnis nach großen, mit allen Mitteln der modernen Orthopädie ausgerüsteten Instituten vorhanden, die dann auch allenthalben im Deutschen Reich errichtet wurden. In Baden sind 7 solcher Institute mit zahlreichen Betten von der Heeresverwaltung bereitgestellt worden. Auch in Heidelberg war schon bald eine orthopädische Abteilung entstanden, die aber dann mancherlei Wandlungen durchmachte, bis sie in den jetzigen Räumen dem Res.-Laz. Stadthalle untergebracht wurde. Das Lazarett (s. Taf. IV, Abb. 10), das seit Beginn des Krieges zur Aufnahme Frischverwundeter gedient hatte, wurde wegen seiner besonderen Eignung für diese Zwecke damit zur ausschließlichen Aufnahme orthopädischer Fälle be-

[1] Die photograph. Aufnahmen und die Druckstöcke zu den Tafeln wurden von dem Bez.-Ausschuß vom Roten Kreuz Heidelberg freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

stimmt und mit allen Hilfsmitteln ausgerüstet, die die mechanische und operative Orthopädie erfordert. Es umfaßt annähernd 300 Betten, die vor allem in dem großen früheren Festsaal (Taf. V) und auf dem durch sinnreichen Aufbau vergrößerten Balkon (s. Taf. VI) und in einigen Nebenräumen untergebracht sind. In den übrigen Räumen befinden sich die Einrichtungen der orthopädischen Behandlungsmethoden, ein großer medico-mechanischer Saal, ein Heißluftraum, ein Massageraum, zwei Räume für neurologische Untersuchung und Behandlung, in denen alle notwendigen medizinischen Apparate vorhanden sind. In dem einen ist gleichzeitig die Quarzlampe untergebracht, in dem zweiten werden die Redressionsmaschinen und Apparate aufbewahrt und angelegt. Für die chirurgischen Eingriffe steht ein großer, gut aseptischer Operationsraum mit den notwendigen Vorräumen für die aseptischen Operationen zur Verfügung (s. Taf. VII). Für Gipsverbände und septische Operationen ist ein zweiter Raum vorhanden. Ein selbstverständliches Erfordernis ist ein gut eingerichtetes, geräumiges Röntgenzimmer mit einem großen, leistungsfähigen Apparat. In dem Untergeschoß ist eine orthopädische Werkstätte zur Herstellung einfacher Apparate.

Die Zahl der vorhandenen orthopädischen Fachärzte war natürlich nicht groß genug, um alle Anstalten nur mit solchen zu versehen, so ist denn eine Reihe von Kollegen der verschiedensten Spezialitäten mit Erfolg darin tätig und hat sich rasch mit den orthopädischen Behandlungsmethoden vertraut gemacht. Aber die Erfahrungen dieses Krieges haben gezeigt, wie notwendig es wäre, daß die Kenntnis der Grundzüge der modernen Orthopädie Allgemeingut aller Ärzte würde. Die Wichtigkeit dieser Forderung zeigt sich gleich im ersten Abschnitt dessen, was ich besprechen möchte, das ist die Prophylaxe.

Wie bei vielen anderen Erkrankungsformen spielt die rechtzeitige Verhütung nachteiliger Folgen in der Behandlung unserer Kriegsverletzten eine hervorragende Rolle und gerade sie ist es, die in den Lazaretten, in die die Patienten direkt nach der Verwundung aufgenommen werden, lange bevor sie dem Orthopäden zugeführt zu werden pflegen, oft von ausschlaggebender Bedeutung für das spätere Schicksal der Patienten ist. Man halte sich stets den Satz vor Augen: „Bedenke, daß Ruhe für Gelenke und Muskeln schädlich ist.“ Für die Gelenke wegen der Kontrakturen und Versteifungen, für die Muskeln wegen der Atrophie

und sekundären Schrumpfungen, die in den schlimmsten Fällen den sogenannten ischämischen Kontrakturen Formen annehmen kann, die für den Betreffenden schlimmer sein können, als der Verlust der Extremität. Die moderne Frakturbehandlung ist seit langem auf diesem Gebiet bahnbrechend vorgegangen und hat gezeigt, daß das beste anatomische Heilungsresultat nicht imstande ist, den Ausfall an Funktion zu ersetzen, den eine zu lange Ruhigstellung verursacht. Die strikte Forderung der absoluten Ruhigstellung einer verletzten Extremität darf nicht Veranlassung sein, eine beliebige Stellung zu wählen, sondern wir wissen, daß für jede Extremität und jedes Gelenk eine Stellung gewählt werden muß, die für eine spätere Funktion von größter Wichtigkeit ist. Ich will deswegen hier kurz darauf eingehen. —

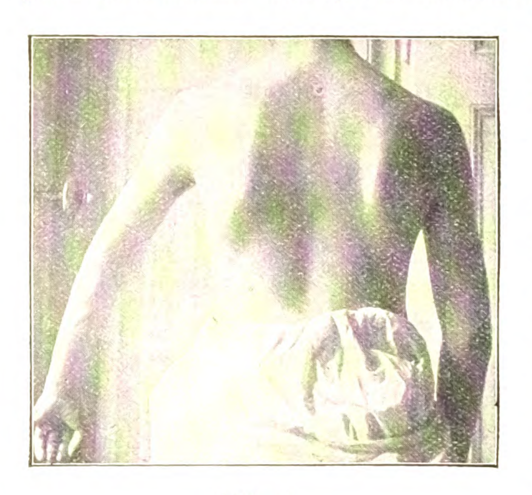


Abb. 1.
Abduktionsankylose d. Schultergelenkes. Schulterblatt normal stehend.

Für das Schultergelenk ist die Stellung des schlaff herabhängenden, adduzierten und einwärts rotierten Armes die denkbar ungünstigste und doch ist sie es gerade, die durch ein längeres Tragen des Armes in der Mitella eintreten muß. Das Schultergelenk neigt sehr rasch zu Kontraktur und ist sie einmal eingetreten, so ist sie nur mit größter Mühe und Zeitaufwand zu beseitigen. Diese Versteifungen schon nach leichten Schulterkontusionen kennen wir auch aus der Friedenspraxis. Die große Zahl gerade dieser Fälle, die in orthopädischen Lazaretten zu behandeln sind, zeigt aber die Häufigkeit und Hartnäckigkeit dieser Versteifungen. Vor dem unkontrollierten Tragen der Mitella oder Einhalten einer entsprechenden Dauerstellung in anderen ruhigstellenden Verbänden kann daher nicht genug gewarnt werden. Eine Ruhigstellung des Schultergelenkes soll stets in Abduktion erfolgen, denn einmal wird bei beweglichem Gelenk diese Stellung später leicht durch die eigene Armschwere korrigiert und tritt infolge der Verletzung eine Versteifung ein, so ist dann eine Hebung des Armes durch die Schulterblattmuskulatur noch möglich. Wie

groß der Vorteil schon einer geringen Abduktion ist, zeigen die Abbildungen 1—3[1]. Die Abduktion des Armes kann durch einen einfachen Triangelverband aus CRAMERschienen oder dergl. erzielt werden, durch Zusammenbinden mehrerer Schienenstücke kann derselbe verstärkt und die Fixation des Armes verbessert werden. Gipsverbände sind ebenfalls in Abduktion event. mit einer Verstrebung zwischen Brust- und Armteil anzulegen. Außerdem gibt es eine Reihe von Schienen einfacher und komplizierterer Art, die eine Abduktion des Armes erstreben (HALDER[2], SCHEDE, GRÖBER, NÖSSKE, BAISCH[3]).

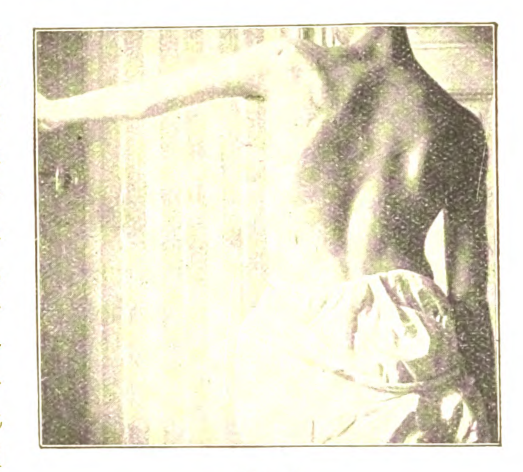


Abb. 2.
Möglichste aktive Hebung des Armes.

Für das Ellbogengelenk hatte man sich gewöhnt, eine rechtwinklige oder leicht spitzwinklige Stellung als die beste anzusehen, die Erfahrungen des Krieges haben aber gezeigt, daß man hier nicht nach der Schablone verfahren darf. Die rechtwinklige Stellung des Ellbogens ermöglicht wohl eine Führung der Hand zum Munde und erleichtert das Ankleiden u. a., für schwer körperlich arbeitende Leute, besonders Landwirte und Handwerker, ist aber eine stumpfwinklige Stellung bis zu 120° zweifellos nutzbringender, da die Führung der Geräte dadurch erleichtert wird. Man



Abb. 3.
Möglichste Abduktion durch Abstehen des Schulterblattes.

---

[1] Abb. 1—3 aus BAISCH in BRUNS, Btrg. z. kl. Chir. Bd. 98 N. 5. S. 667. Die Druckstöcke hierzu wurden von der H. Lauppschen Buchhandlung in Tübingen freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

[2] S. VULPIUS, D. med. Woch. 1915 p. 787.

[3] S. weiter unten.

muß also hier stets den Beruf des Patienten im Auge behalten unter der einen Voraussetzung, daß starke Grade von Streckung über 120⁰ unbedingt fehlerhaft sind. Die Stellung der Vorderarmknochen zueinander hat ebenfalls ein Optimum, von dem wir nur unter ganz bestimmten Voraussetzungen abweichen dürfen, das ist die Mittelstellung zwischen Pro- und Supination. Die pronierte Hand ist zu Hantierungen am eigenen Körper, zum Essen usw. absolut unbrauchbar und doch begegnen wir dieser Stellung leider sehr häufig bei unseren Patienten, weil die Hand in Pronation die bequemste Lage auf einer Schiene einnimmt. Die völlig supinierte Hand ist ebenso unbrauchbar, aber sie finden wir viel seltener als Kontraktur, da das Einhalten dieser Stellung für den Patienten immer mit Unbehagen verbunden ist. Er wird sich ihr also von selbst zu entziehen trachten. Bei der Mittelstellung zwischen Pro- und Supination ist das lig. interosseum in ganzer Ausdehnung gespannt und wird so nicht durch ungleichmäßige Schrumpfung später die Drehbewegung hindern können. Nur für ganz wenige Berufsarten (Metallschleifer, Klavierspieler) ist, wenn eine Drehbehinderung des Vorderarmes zu erwarten ist, eine Pronationsstellung vorzuziehen. — Anders ist es bei dem Handgelenk. Hier gibt es nur eine Stellung, die für den Gebrauch günstig ist, das ist eine leichte Dorsalhebung. Wenn wir zugreifen, nehmen wir unwillkürlich diese Stellung ein, und nur in dieser Stellung können die Beugemuskeln, da sie gespannt sind, ihre ganze Kraft entfalten. Die horizontale Streckung ist schon weniger günstig, ganz unbrauchbar aber wird eine Hand in Beugekontraktur. Hier bleibt der Faustschluß immer kraftlos. Auch die seitlichen Abweichungen sind zu beobachten. Das Überwiegen der Muskulatur auf der radialen Seite bedingt leicht eine radiale Adduktion, bei der Greifbewegung ist jedoch eine leichte ulnare Abduktion beim gesunden Menschen die typische Haltung, also muß sie auch für den Verletzten angestrebt werden. — Bei den Fingergelenken begegnen wir der auffallenden Tatsache, daß die Grundgelenke ungemein häufig in Streckstellung versteifen, und doch ist gerade hier eine Beugefähigkeit absolut nötig, soll die Hand noch zum Faustschluß gebraucht werden können. Dieser Versteifung ist daher mit allen Mitteln und frühzeitig entgegenzuarbeiten. Vor allem muß die Einbeziehung dieser Gelenke in einen Verband, der das Handgelenk ruhig stellen soll, aufs strikteste vermieden werden. Die Finger müssen vollständig beuge-

fähig sein im Verband und es muß Sorge getragen werden, daß sie auch gebeugt werden. Die Sorge für möglichstes Freibleiben der Fingergelenke bei Handverbänden und frühzeitige, ausgiebige Bewegungen gilt auch für die übrigen Fingergelenke besonders die des Daumens.

Für die untere Extremität stellen sich die Verhältnisse einfacher dar, und doch sind auch hier die Stellungen, die für den Patienten die bequemsten sind, weil sie eine Entspannung der Gelenke bedeuten, und die deswegen auch zweifellos zeitweise therapeutisch erforderlich sein werden, für eine spätere Funktion nicht günstig. Das sind die Stellungen der sogenannten Semiflexion, besonders im Knie- und Hüftgelenk. Bei beiden Gelenken ist bei unvermeidlicher Versteifung in den allermeisten Fällen Streckstellung anzustreben, bei dem Hüftgelenk außerdem noch eine mäßige Abduktion, die eine etwaige Verkürzung durch Knochenverletzung zu vermindern imstande ist. Nur bei Berufen mit ganz vorwiegend sitzender Tätigkeit ist eine leichte Flexion im Hüftgelenk eine Erleichterung, weil sonst die zum Sitzen nötige Beckenstellung eine hochgradige Kyphose der Wirbelsäule im Lendenteil bedingt. Anfänglich ist diese Erschwerung des Sitzens bei Hüftversteifung in Streckstellung zweifellos eine Unbequemlichkeit, aber durch Lockerung der Bandverbindungen zwischen Lendenwirbel und Kreuzbein und der Lendenwirbel untereinander sah ich in mehreren Fällen bald eine solche Besserung eintreten, daß diese Patienten die Sicherheit des Stehens der geringeren Unbequemlichkeit beim Sitzen vorzogen. Doch wird man hier auch nach genauem Abmessen der Vor- und Nachteile individualisieren müssen. Bei dem Kniegelenk ist die Streckstellung deswegen vorzuziehen, weil sie dem Bein die beste Tragfähigkeit gibt und eine einmal eingetretene Beugekontraktur durch den Belastungsdruck stets zur Zunahme neigt und erfahrungsgemäß der Behandlung sehr große Schwierigkeiten bereitet. Auf der anderen Seite ist aber auch die Vermeidung einer Recurvation wichtig, die sehr leicht eintritt, wenn das ungeschiente Bein längere Zeit auf weicher Matratze oder dank besonders wohlmeinender Fürsorge auf Kissen gelagert wird. Die durch Recurvation des Kniegelenkes bedingte Gehstörung ist eine ganz bedeutende. —

Ein besonders wichtiges Kapitel bildet noch die Stellung der Fußgelenke, einmal wegen der großen Bedeutung für eine gute Gehfähigkeit und dann deswegen, weil gerade hier noch häufig

Versäumnisse vorkommen. Ein zum Gehen brauchbares Fußgelenk muß in absolut rechtwinkliger Stellung und leichter Supination stehen. Der Fuß neigt bekanntlich sehr seiner eigenen Schwere folgend in Spitzfußstellung zu kommen, wobei der Druck der Bettdecken noch verschlimmernd wirkt. Wer einmal beobachtet hat, wie stark selbst der geringste Grad von Spitzfuß die Gehfähigkeit behindert, der wird sich über die Bedeutung der Vermeidung desselben klar sein. Dazu kommt, daß ein einmal eingetretener Spitzfuß infolge der Schrumpfung der kräftigen Achillessehne kaum zu redressieren ist, meist bleibt nur die Tenotomie übrig. Daß diese, so einfach die Technik erscheint, doch nicht gleichgültig ist, wenn die stehenbleibende Brücke der Sehne nicht genügt, zeigen auch Fälle, denen man in orthopädischen Lazaretten begegnet. Die Vermeidung des Spitzfußes ist dabei meist leicht. Die Verwendung eines Bogens zum Schutze gegen den Druck der Bettdecke oder die Lagerung des Fußes in gut rechtwinkliger Stellung auf irgend einer Schiene genügen meist vollkommen. Man kann auch den Patienten gegen einen festen Boden (Kiste oder dergl.) im Bett gegentreten lassen, oder man bringt einen Steigbügelzug an, der über das obere Bettende geleitet und mit einem Gewicht beschwert wird. Auf die Supinationsstellung ist namentlich bei längerer Zeit notwendigen Fußverbänden zu achten, damit hier die Bindentouren in der richtigen Zugrichtung angelegt werden.

Man wird erkannt haben, welch große Rolle der Prophylaxe zukommt. Ihre Durchführung bringt mich zu dem 2. Abschnitt, den ich zu besprechen habe. Das ist die mechanische und physikalische orthopädische Behandlung. Wenn ich Prophylaxe und orthopädische Therapie zusammen nenne, so möchte ich damit ausdrücken, daß eine frühzeitige sachgemäße orthopädische Behandlung die beste Prophylaxe ist. Es besteht nämlich noch vielfach die Meinung, die orthopädische Behandlung könne erst nach der Wundheilung einsetzen, aber gerade dadurch geht meist viel wertvolle Zeit verloren und die dann einsetzende mechanische Nachbehandlung hat mit viel größeren Schwierigkeiten zu kämpfen. Ich bin mir bewußt, mit dem folgenden Bekanntes zu erwähnen, aber die Erfahrungen des Krieges haben gezeigt, daß eine Erinnerung daran doch von Nutzen sein kann. Rufen wir uns den oben erwähnten Satz der Schädlichkeit der Ruhe ins Gedächtnis, so werden wir als Wichtigstes darauf bedacht sein, die Ruhigstellung

auf das notwendigste Maß einzuschränken. Dies geschieht dadurch, daß wir in die Ruhigstellung nur die unbedingt notwendigen Gelenke einbeziehen und sie sobald es eben möglich ist durch zeitweise Unterbrechungen ausschalten. Auch bei noch vorhandenen Wunden ist dies meistens möglich, wenn keine Entzündungserscheinungen oder Blutungsgefahr mehr bestehen. Für die untere Extremität verfolgen die Gehverbände diesen Zweck. Am Unterschenkel leisten die aufklappbaren Gipsverbände wertvolle Dienste. An der oberen Extremität können natürlich alle abnehmbaren Schienenverbände mit gleicher Berechtigung in Anwendung kommen, für viele Fälle aber wird die abnehmbare Gips- oder Gipswasserglashülse ihre souveräne Bedeutung behalten, denn mit ihr vorzugsweise gelingt es, die Extremität während der Ruhigstellung in der gewünschten Lage unbedingt sicher zu fixieren. Nach Abnahme des fixierenden Verbandes folgen dann alle Mittel, die dazu dienen, die Zirkulation anzuregen und den Stoffwechsel zu fördern. Es sind dies alle Arten von Bädern — Voll- und Teilbädern — sei es mit einfachem Wasser oder medikamentösen Zutaten, oder seien es spezifische Badewässer, wie sie in den Badeorten zur Verfügung stehen. Auch heiße und kalte Wechselbäder haben mir besonders bei Neuritiden durch Narbendruck u. dergl. gute Dienste geleistet. Die allgemeinste Anwendung findet wohl die lokale Hyperämie in Form der Heißluft- oder der Dampfkastenbäder[1]. Heiße Packungen und dergl. können an Stelle der Bäder oft einen guten Ersatz bilden. Weniger allgemein wird die Stauungshyperämie oder die Hyperämie in Saugglocken Anwendung finden. Als ein sehr wertvolles Mittel zur Anregung der Zirkulation und des Stoffwechsels haben sich die Quarzlampenbestrahlungen erwiesen, die in Form von Lokal- und Vollbestrahlungen besonders mit den sogen. „künstlichen Höhensonnen“ angewendet werden. Bekannt ist ihre heilende Einwirkung auf torpide Wunden und Geschwüre der Haut, die wir daher in unserem Lazarett ausgedehnt anwenden[2]. Auch die Diathermie mit ihrer großen Tiefenwirkung kommt als vorzügliches Mittel hier in Anwendung.

Ist durch die Hyperämie die Zirkulation gebessert und das Gewebe aufgelockert, so folgt unmittelbar darauf die Massage. Über die Wichtigkeit und den Nutzen der Massage brauche ich

---

[1] S. Taf. IV Abb. 11.
[2] S. Taf. VIII.

hier wohl keine Worte zu verlieren[1]. Ihre Aufgabe besteht darin, die Stauung in den massierten Teilen zu beseitigen und anregend auf den Stoffwechsel zu wirken. Es kann dies aber nur bei richtiger, sachkundiger Ausführung erzielt werden, durch Ungeübte kann ebenso leicht geschadet werden. Die Wichtigkeit gut geschulten Personals hierfür erhellt daraus von selbst. Noch erwähnen möchte ich, daß bei starken Stauungsödemen mit gutem Erfolg auch längerdauernde Belastung mit Schrot oder Sand ausgeführt werden kann. Der Massage haben aktive und passive Bewegungen unter Kontrolle des Masseurs zu folgen, bei älteren Fällen von Kontrakturen können die passiven Bewegungen zu kräftigen Mobilisierungsübungen gesteigert werden, wobei besonders auf gute und richtige Fixierung der benachbarten Gelenke zu achten ist. Sind nun durch Massage und Bewegungsübung die Gelenke mobilisiert, was bei frischen Fällen mit der unbedingt notwendigen Vorsicht geschehen muß, so werden diese dann wieder in ihren fixierenden Verband zurückkommen. Bei den älteren Fällen aber folgen die Redressionsapparate. Wir können dazu schon das einfache Einbinden der Gelenke in möglichst korrigierte Stellung mit elastischen Binden rechnen, wie wir es besonders bei der Streckversteifung der Finger durchführen. Weiterhin dient dazu eine große Anzahl von Apparaten, die man sich, wie wir das in vielen Fällen machten, sehr gut selbst improvisieren kann, und solche von komplizierterem Bau, die SCHEDEschen oder KRÖBERschen Schienen, wovon sich die letzteren besser bewähren als die ersteren, die zu schwach sind[2]. Mit besonderem Nutzen wird dem Prinzip des Druckes, das bei den meisten dieser Schienen zur Anwendung kommt, auch noch das des Zuges hinzugefügt, was auch v. BAYER betont hat. Ich habe für das Schultergelenk eine solche Schiene konstruiert, die durch die von oben auf die Schulter kommende Pelotte und den Druck auf die Basis der Scabula das Schulterblatt unbedingt sicher fixiert. Bei der Hebung des Armes durch die Drehung des Zahnrades wird gleichzeitig der Zug am Arm verstärkt und eine Mitbewegung der Scapula ist ausgeschlossen[3] (s. Abb. 4 u. 5 S. 525 u. 526).

Eine ähnliche Schiene fand ich in dem Lehrbuch für Kriegschirurgie von BORCHARD-SCHMIEDEN als „Kieler Modell“ S. 870

[1] S. Taf. IX.

[2] S. Taf. X.

[3] Die Schiene wird durch Firma Fr. Dröll, Heidelberg, hergestellt.

Abb. 366 von NÖSSKE angegeben beschrieben. Nunmehr kommen wir zu der eigentlichen Mechanotherapie mit den sogenannten Pendelapparaten. Sie stellt im wesentlichen eine Fortsetzung der vorhin schon erwähnten aktiven und passiven Bewegungsübungen im Anschluß an die Massage dar, hat aber den Vorteil, daß die anzuwendende Kraft exakt dosierbar ist und der Dauer der Verwendung keine Grenzen gesetzt sind, während der Masseur nach längeren Übungen ermüden wird. Soll aber wirklich ein Nutzen durch diese Übungen erzielt werden, so muß eine genaue Überwachung stattfinden, damit neben exaktem Einspannen auch wirklich aktive und passive Übungen ausgeführt und Kraft und Größe des Widerstandes genau dosiert werden. Deswegen ist eine ständige ärztliche Kontrolle ein unbedingtes Erfordernis. Über die Einrichtung des mediko-mechanischen Saales gibt Taf. XI Aufschluß. Für Fälle, die noch empfindliche Gelenke haben, also die frischeren, für die die Pendelapparate zu grob arbeiten, kommen die HEERMANNschen in Anwendung[1], die auf dem Prinzip des elastischen Widerstandes aufgebaut sind. Als weiteres Hilfsmittel der physikalischen Heilmethoden kommt dann die Elektrotherapie in Betracht in Form des galvanischen und faradischen Stromes. Ein Eingehen auf die Anwendungs- und Wirkungsweise des elektrischen Stromes würde mich zuweit

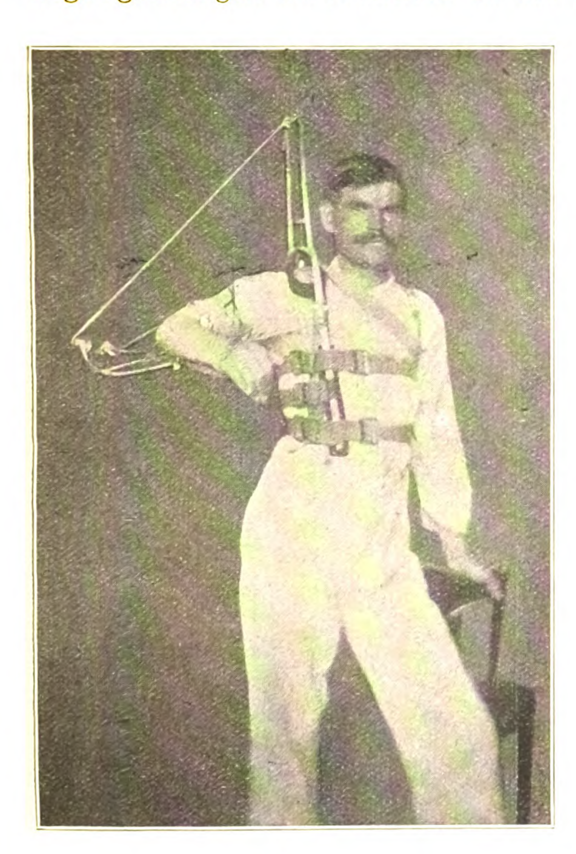


Abb. 4.
Schiene zur Abduktion des Schultergelenkes unter gleichzeitiger Extension. (BAISCH.)

[1] S. Taf. IX.

führen, doch möchte ich vor einer kritiklosen Anwendung desselben warnen. In gewisser Beziehung sind hierher noch der Myoroborator (Reiniger G. u. Sch.) zu rechnen, der rhythmische Muskelkontraktionen auslöst nach Art des BERGONIEschen Apparates, und der elektrische Vibrationsmassageapparat, die wir in unserem Lazarett mit gutem Erfolg anwenden[1]. —

Während die bisher angeführten Methoden im wesentlichen passiv auf die Patienten einwirken, haben wir in der Förderung der aktiven Mitarbeit einen ganz bedeutenden Heilfaktor, den wir in der Heilgymnastik oder Freiübungen und in der Arbeitstherapie zur Anwendung bringen. Schon durch die immer wiederholte Anregung zum Gebrauch einer verletzten Extremität etwa bei Visiten kann Arzt und Pflegepersonal sehr viel Gutes erzielen. Ich möchte mich hier vor allem gegen das unnötige Verwenden von Krücken und Stöcken wenden. Wieviel hier Zwang der Not und guter Wille erzielen können, dafür liefern unsere Austauschverwundeten manch wertvolles Beispiel. — Die Heilgymnastik wird am besten in Form von Freiübungen einzelner Gruppen gleicher Verletzung vorgenommen, die jetzt im Sommer zweckmäßig im Freien, im Winter auf luftigen Korridoren oder Turnhallen unter Kommando eines Turnlehrers oder eines verständigen Unteroffiziers ausgeführt werden[2].



Abb. 5.
Schiene zur Abduktion des Schultergelenkes unter gleichzeitiger Extension. (BAISCH.)

Durch die freien Turnübungen sind wir imstande, aktive Übungen nach einem ganz bestimmten Programm, das den jewei-

[1] S. Taf. VIII.
[2] S. Taf. XII.

ligen Verletzungen angepaßt ist, durchführen zu lassen. Die Beaufsichtigung durch den Lehrer und der Ansporn der Gegenwart der Kameraden wird die Patienten anregen, bei jeder Übung das Beste zu leisten, und damit wird auch Lust und Liebe und fortschreitende Besserung in die Übungen hineinkommen.

Und nun zur Arbeitstherapie! Ihr Nutzen in körperlicher und moralischer Richtung ist zu allgemein anerkannt und ist zu vielfach erörtert worden, als daß ich darüber Worte verlieren müßte. Dank der Einrichtung des Lazarettarbeitsnachweises bei uns ist es auch möglich geworden, die Patienten in genügendem Maße in Arbeitsstellen unterzubringen. Nun ist es aber für unsere orthopädischen Patienten durchaus nicht gleichgültig, welche Arbeiten sie ausführen und in welchem Maße. Der Patient muß gezwungen sein, die verletzte Extremität zu gebrauchen, dann wird er manche Bewegung bei der Arbeit ausführen, die er vorher ängstlich vermied, kann er dagegen die verletzte Extremität schonen (z. B. Botendienste bei Armverletzten), so wird durch die Entlassung zur Arbeit mehr geschadet als genützt. Das gleiche gilt auch dann, wenn die Arbeit zu anstrengend ist. Wiederholt konnten wir schon Wiederaufbrechen von Wunden und Anschwellung von Gelenken durch Arbeit, die zu anstrengend war, beobachten. Eine genaue ärztliche Überwachung ist daher erforderlich, und diese wird eine Reihe von Fällen ergeben, für die die Arbeit zwar wünschenswert ist, die aber erst so kurze Zeit und so unvollkommen arbeiten können, daß sie als Industriearbeiter nicht in Betracht kommen. Für diese sind die sogen. „Übungswerkstätten" wie sie an zahlreichen anderen Lazaretten bestehen und wie wir sie in kleinem Maßstabe auch in Verbindung mit dem hiesigen orthopädischen Lazarett durch das Entgegenkommen des „Roten Kreuzes" und des Stadtrates einrichten konnten. Diese Übungswerkstätten haben einmal den Zweck, durch bestimmte, immer wiederkehrende Bewegungen (Kneten, Hobeln, Hämmern usw.) den im Gebrauch seiner Hände behinderten Verwundeten zu zwingen, gerade diese Bewegungen wiederholt auszuführen und dadurch zu bessern. Dann aber sollen sie den bis dahin noch ganz arbeitsunfähigen Mann langsam an die Arbeit gewöhnen und ihm so das Vertrauen zu seiner Arbeitsfähigkeit wiedergeben. Daß dies der Fall ist und Arbeitsfreudigkeit mit der Arbeitsfähigkeit wächst, können wir fast in jedem Fall beobachten. Diese genaue ärztliche Beobachtung mit der Möglichkeit einer genauen

Dosierung an Zeit und Maß der Leistungen in einer der Hauptvorteile der Übungswerkstätten. Sie bilden also einen wesentlichen Faktor der Therapie und orthopädischen Behandlungsmethoden und sind damit streng zu trennen von den Invalidenschulen, in denen eine Berufsschulung oder Umschulung beabsichtigt ist. In unseren Übungswerkstätten ist ein Kurs für Tonknetarbeit und Modellieren, für Schreiner- und für Schlosserarbeit eingerichtet[1]. Die technische Aufsicht und Anleitung wird von einem Obergewerbelehrer ausgeführt. — Der Modellierunterricht ist in erster Linie ein absolut therapeutischer Faktor. Denn durch das Kneten oder Drehen des Tones werden gerade die kleineren Muskeln der Hand und Finger geübt. Es werden Bewegungen in regelmäßiger Folge ausgeführt, wie sie bei sonstigen aktiven Übungen kaum zur Ausführung kommen. Es werden daher vor allem Patienten mit Nervenlähmungen der Hände darin arbeiten, für die je nach der Lähmung bestimmte Arbeiten ausgesucht sind. Die Arbeiten schreiten von den allereinfachsten geometrischen Figuren zu kunstgewerblichen Gegenständen fort. Damit wird auch eine Erziehung und Schulung des Formensinnes der Patienten erreicht. Die zunehmende Freude der Leute an diesen Arbeiten zeugt für den erzieherischen Wert, der therapeutische Nutzen kann sich nur langsamer entwickeln, weil es sich eben hier um die allerlangwierigsten Fälle handelt. Bei Schreinerei und Schlosserei handelt es sich mehr um Patienten mit Gelenkversteifungen, bei denen durch die gröbere Arbeit Hobeln, Hämmern und dergl. die Beweglichkeit oder die Kraft gefördert werden soll. Es werden auch hier jeder Verletzung entsprechend besondere Betätigungen ausgewählt, in der Weise, daß von leichteren zu schwereren Arbeiten fortgeschritten wird. Es wird hierdurch eine allmähliche zunehmende Anpassung und Sicherheit im Anfassen und Handhaben der Werkzeuge angestrebt. Die herzustellenden Gegenstände sind von dem Prinzip der reinen Handwerkstechnik mit kunstgewerblichen Anklängen ausgewählt.

Ich kann das Kapitel über die unblutigen orthopädischen Behandlungsmethoden nicht schließen, ohne die orthopädischen Stützapparate und Bandagen zu erwähnen. Bei der unteren Extremität haben sie gewöhnlich die Aufgabe, die Stütz- und Tragfähigkeit zu erhöhen. Bei dem orthopädischen Schuh oder dem Verkürzungsstiefel angefangen bis zu den kompliziertesten Hessingschen Apparaten für das ganze Bein. Der Nutzen solcher

[1] S. Taf. XII und XIII.

Apparate ist oft ein frappanter. Das Gehvermögen wird dadurch sofort erheblich gebessert oder erst ermöglicht. Nehmen wir z. B. einen durch Wirbelverletzung beiderseits gelähmten Patien-



Abb. 6. Patient mit doppelseitiger Lähmung der Beine, durch Stützapparat gehfähig gemacht.

ten, der hilflos im Bette liegt, weil die Beine ihre Stützfähigkeit verloren haben. Durch einen geeigneten Apparat wird er instand gesetzt zu stehen und zu gehen (s. Abb. 6). Ich möchte aber doch nicht unterlassen, hier darauf hinzuweisen, daß nicht die äußerlich schönsten und kostspieligen Apparate die besten sind, sondern die einfacheren und unscheinbaren oft viel wirksamer sein können, wenn sie den anatomischen Verhältnissen gerecht werden. Daher

soll der Arzt ihre Anfertigung nie dem Bandagisten allein überlassen, sondern muß selbst angeben und kontrollieren. Auch vor der zu häufigen Verordnung orthopädischer Stiefel möchte ich warnen in Fällen, wo durch eine Einlage oder einfache Abänderung eines normalen Stiefels das gleiche rereicht werden kann. Abgesehen davon, daß damit dem Staate wesentliche Unkosten verursacht werden — orthopädische Stiefel werden in doppelter Ausführung geliefert, es wird auch später immer gegen Erstattung eines geringen Kostenanteils Ersatz gestellt — wird auch in dem Patienten der Glaube an seine Dienstunbrauchbarkeit bestärkt, wenn er b e s o n d e r e s Schuhwerk tragen muß. An der oberen Extremität dienen die Bandagen neben der Aufgabe der Stützung auch der der Funktionshebung. Ich erinnere hier nur an die Radialismanschetten, an Hülsenapparaten bei Schlottergelenken u. a. (s. Abb. 7-9). Ein Wort noch über die P r o t h e s e n. Die Zahl der Verstümmelten ist so groß geworden, daß die Beschaffung brauchbarer Prothesen von eminenter Bedeutung ist, und unablässig arbeiten Ärzte, Ingenieure und Bandagisten an ihrer Verbesserung und Vervollkommnung. Ich brauche nur auf die bahnbrechenden Arbeiten SAUERBRUCHS zur Erzielung einer willkürlich beweglichen Hand hinzuweisen. Mit Recht ist zur Erleichterung der Verbesserung des Prothesenbaues und zur Vereinheitlichung der

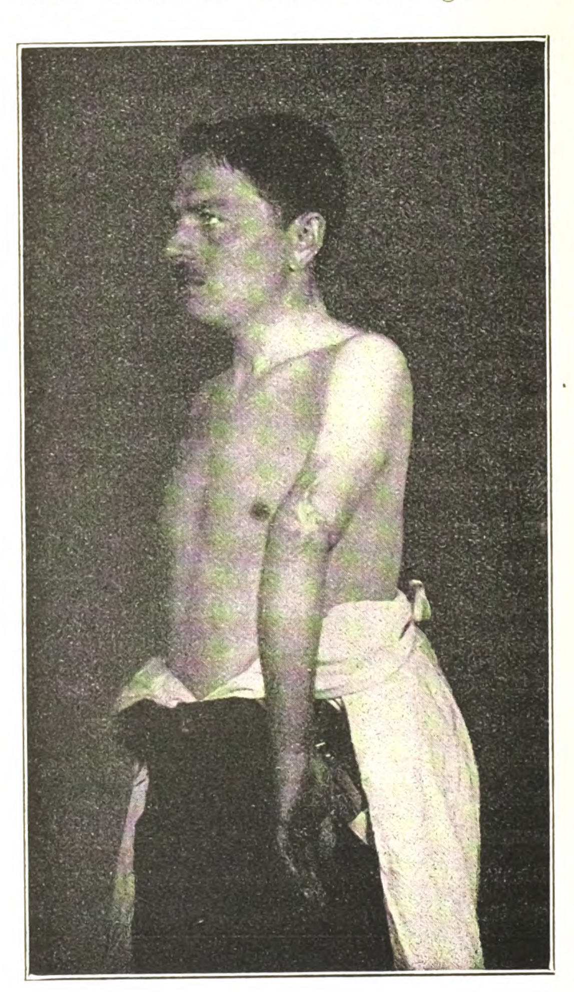


Abb. 7.
Patient mit Ellbogenschlottergelenk.

Herstellung fast überall eine Konzentration der Amputierten durchgeführt. Es wird dadurch eine einheitliche und methodische Stumpfnachbehandlung und Übung gewährleistet und die Berufsfürsorge für die Patienten erleichtert. —

Zum Schluß muß noch der operativen Eingriffe, die die orthopädische Behandlung der Kriegsverletzten erfordert, gedacht werden. Es kommen hier alle Eingriffe an Haut, Muskeln, Sehnen,

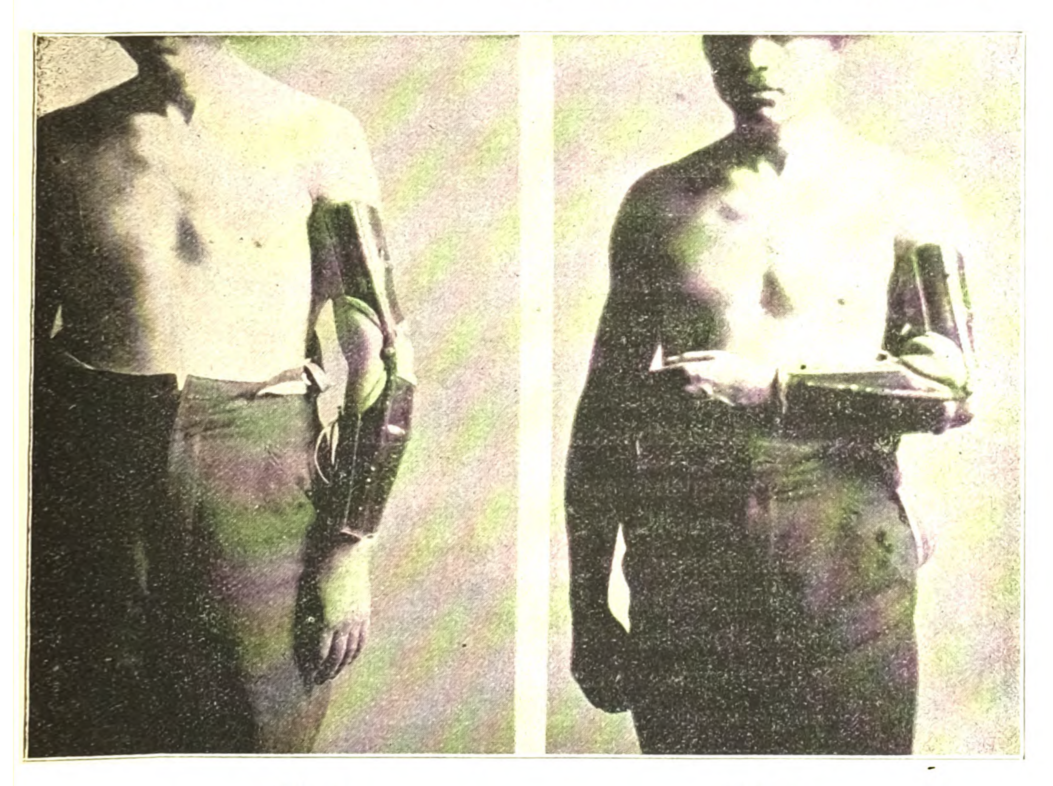


Abb. 8. Abb. 9.
Patient mit Ellbogenschlottergelenk im Schienenhülsenapparat.

Nerven, Knochen und Gelenken, die zur Korrektur fehlerhafter Stellungen oder zur Hebung und Besserung der Funktion dienen, in Betracht. Es ist das das Gebiet, auf dem Chirurgen und Orthopäden gemeinsam arbeiten. Wenn es sich auch um eine Anzahl typischer Operationen handelt, so ist doch das Gebiet der in Betracht kommenden Eingriffe von den einfachen Narbenlösungen bis zu den komplizierten Gelenkplastiken ein so mannigfaltiges, daß eine ausführliche Besprechung hier zuweit führen müßte. Eine gute Übersicht ermöglicht hier das kürzlich erschienene

Lehrbuch der Kriegschirurgie von BORCHARD-SCHMIEDER. Auch werden zu diesen Operationen nur Fachärzte herangezogen werden können. Der enorme Nutzen der chirurgischen Behandlung erhellt schon aus dem Gebiet der Lähmungen, bei denen durch Lösung oder Naht des geschädigten Nerven Wiederkehr der Funktion erzielt oder in Fällen unheilbarer Nervenzerstörung durch Sehnentransplantation der wichtigste Teil der Funktion ersetzt werden kann. So wäre auf jedem anderen Gebiet noch eine große Zahl segensreicher Operationen zu nennen.

Eine große Zahl der in orthopädischer Beziehung in Betracht kommenden chirurgischen Eingriffe erfordert unbedingte Asepsis. Neben einer entsprechenden Einrichtung des Operationsraumes mit Zubehör kommt vor allem die vollkommene Heilung der Wunden des Patienten in Betracht. Daß auch in solchen Wunden noch nach langer Zeit durch schlummernde Keime durch die günstigeren Ernährungsbedingungen, in die sie durch die Operation gebracht werden, recht unliebsame Störungen des aseptischen Verlaufes gebracht werden können, ist auf Kriegschirurgentagungen wiederholt hingewiesen worden. Eine andere Schwierigkeit, mit der wir bei den orthopädischen Operationen nicht selten zu kämpfen haben, ist die Abneigung der Patienten. Meistens haben sie ja schon ein recht langes Krankenlager durchgemacht vom Tage der Verwundung bis zu dem Zeitpunkt der orthopädischen Operation. Der Wunsch, endlich wieder nach Hause zurückkehren zu können, wird da manchmal stärker sein als der nach einer möglichst weitgehenden Funktionsbesserung, manchmal mag auch Rentenangst noch mitspielen. Neben einem gewissen moralischen Druck wird hier natürlich das Beispiel eines Erfolges bei anderen Kameraden am meisten nützen. Immerhin wird mancher entlassen werden, bei dem der Erfolg abgewartet werden sollte, z. B. nach Nervennaht. Trat der Erfolg nicht ein, so ist dann doch in vielen Fällen durch eine orthopädische Nachoperation eine Besserung zu erzielen. Die genaue Durchsicht und richtige Belehrung der Rentenempfänger nach dieser Richtung hin scheint mir daher ungemein wichtig.

Diese kurzen Ausführungen dürften immerhin gezeigt haben, daß die Aufgaben der orthopädischen Behandlung unserer Kriegsverletzten recht mannigfaltige sind. Ihre gewissenhafte Durchführung wird uns manchen schönen Erfolg zu bringen imstande sein und so wird man auch hier am häufigsten eines aufrichtigen und dauernden Dankes seiner Patienten gewiß sein können.





Abb. 10. Reserve-Lazarett Stadthalle (Abteilung 18), vom Garten aus.



Abb. 11. Raum für Heißluftbehandlung. In der Mitte Heißdampfkasten.

Winters Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.





Abb. 12. Station: Großer Saal.

Carl Winters Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.





Abb. 13. Balkonstation.

Carl Winters Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.



Verhandl. d. Naturh.-Med. Vereins, Heidelberg. N. F. Bd. XIII. TAFEL VII.
BAISCH. Die Aufgaben der orthopädischen Behandlung Kriegsverletzter.



Abb. 14. Aseptischer Operationsraum.

Carl Winters Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.





Abb. 16. Abteilung für Massage. Im Hintergrund Heermannsche Apparate.

Carl Winters Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.





Abb. 15. Elektrotherapeutische Abteilung.
Im Hintergrund: Künstliche Höhensonne (Quarzlampe); rechts vorne Myorrhoborator v. Reiniger G. S.

Carl Winters Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.





Abb. 17. Gruppe von Patienten mit Redressionsschienen nach Kröber.

Carl Winters Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.



BAISCH. Die Aufgaben der orthopädischen Behandlung Kriegsverletzter.



Abb. 18. Medico-mechanischer Übungssaal.

Carl Winters Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.





Abb. 19. Gruppen von Armfreiübungen im Garten des Lazarettes.



Abb. 20. Lazarett-Übungswerkstätten: Modellierkurs.

Carl Winters Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.



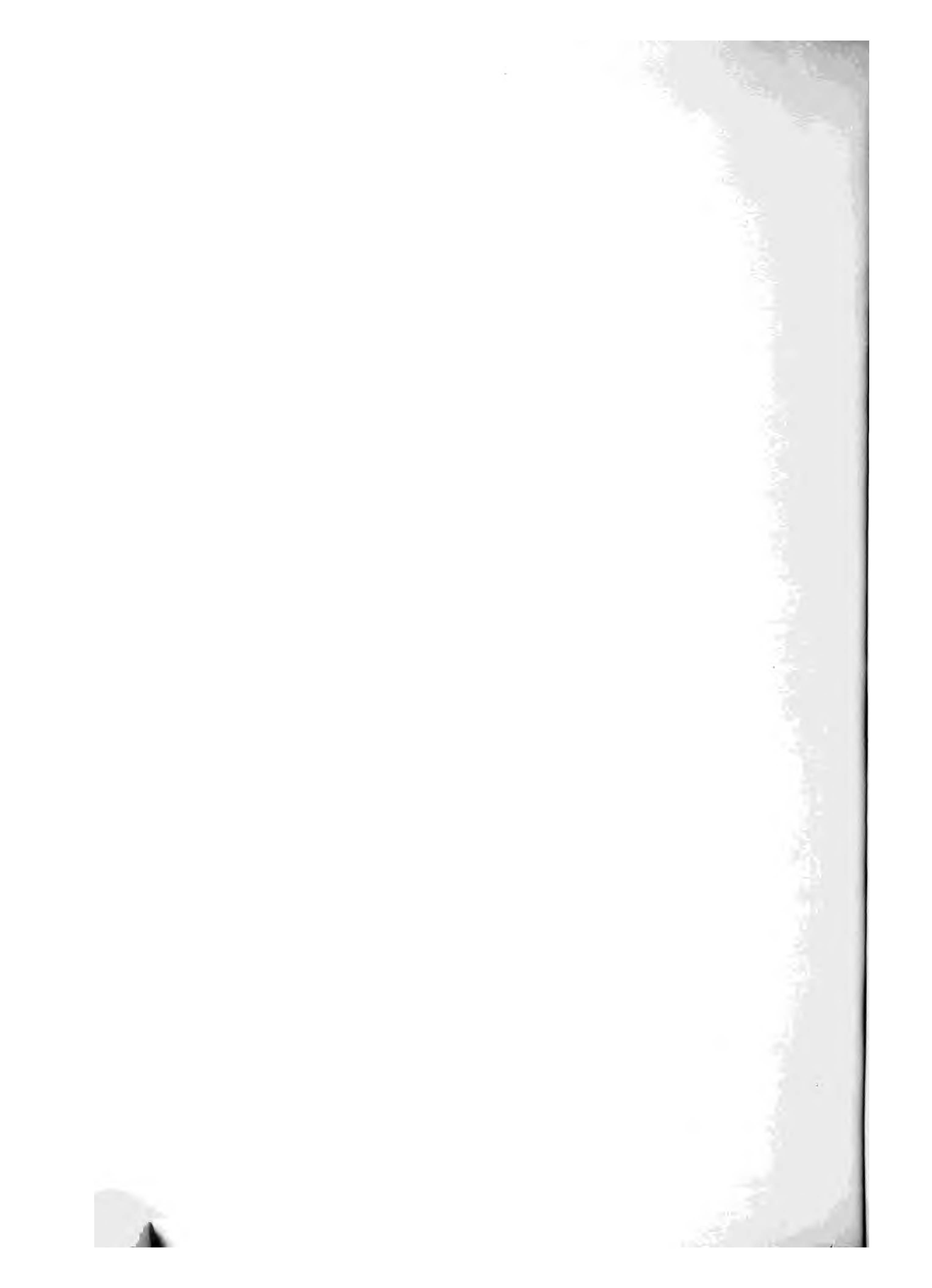


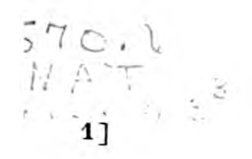
Abb. 21. Lazarett-Übungswerkstätten: Schlosserei.



Abb. 22. Lazarett-Übungswerkstätten: Schreinerei.

Carl Winters Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.





Über die Tektonik der Luganer Alpen.

Von **Otto Seitz.**

Mit 12 Abbildungen im Text und 2 Tafeln.

Inhaltsverzeichnis.

Vorwort.

Die Feldaufnahmen zur vorliegenden Arbeit gelangten im Herbst 1913, die Arbeit selbst im Juli 1914, kurz vor der Mobilmachung zum Abschluß. Der Kriegsausbruch und meine sofortige Einziehung zum Heeresdienst verzögerte eine nochmalige Überarbeitung. Heute bin ich dem Stoff entfremdet und, da ich seit Februar 1915 im Felde stehe, nicht mehr in der Lage, die gesamte Literatur durchsehen und das Neuerschienene[1] mit verwerten zu können. In dieser Beziehung muß daher meine Arbeit lückenhaft bleiben.

In dem Gebiete von Lugano kommt der Gegensatz zwischen horizontalen und vertikalen gebirgsbildenden Bewegungen so augenfällig zum Ausdruck, daß ich gerne der Anregung meines hochverehrten Lehrers, Herrn Geh. Hofrat Professor Dr. WILHELM SALOMON folgte, eine Klärung dieser Frage zu versuchen. Es war meine Aufgabe, bei meinen Untersuchungen ein Augenmerk auf Harnische zu richten, um auch auf diese Weise der Lösung des Problems näher zu treten.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, vor allen Dingen Herrn Prof. Dr. SALOMON für seine liebenswürdige Unterstützung und für seine vielseitigen Anregungen, besonders auch gelegentlich einer Unterrichtsreise in die Luganer Alpen, meinen allerherzlichsten Dank auszusprechen. Die Untersuchungen im Felde wurden mir erst ermöglicht durch die freundliche Unterstützung des

[1] Neu erschienen ist z. B. eine Arbeit von FRAUENFELDER, Beiträge zur Geologie der Tessiner Kalkalpen (Ecl. Geol. Helv., Vol. XIV, Heft 2, 1916). FRAUENFELDER, der meine vorläufige Mitteilung über die Tektonik von Lugano (Centr. für Min. 1914, S. 664) nicht zitiert, hat zum Teil das gleiche Gebiet wie ich bearbeitet. Leider bin ich, wie bereits erwähnt, nicht in der Lage, seine Ergebnisse zu berücksichtigen.

kaiserlichen Konsuls, Herrn Legationsrat Dr. Breiter in Mailand, der mir die Erlaubnis zur Begehung des Gebietes längs der politischen Grenzen erwirkte.

Die Dolomitanalysen, die in dem Anhang zu dieser Arbeit vermerkt sind, wurden von mir in dem Laboratorium von Herrn Prof. Dr. Krafft in Heidelberg ausgeführt. Die vielen Ratschläge, die mir Herr Prof. Dr. Krafft zuteil werden ließ, verpflichten mich auch ihm gegenüber zu großem Danke.

Im Felde, Herbst 1917.

Literaturverzeichnis.

1. Andrée, K., Notizen zur Geologie und Mineralogie Niedersachsens. Nr. 4: Rutschstreifen auf Schichtflächen der Culmgrauwacke. V. Jahresber. d. Niedersächs. geol. Ver. 1912.
2. Alessandri, G. de, Osservazioni geologiche sulla Creta e sull' Eocene della Lombardia. Atti Soc. Ital. di Sc. nat. Milano 1899.
3. Beck, R., Lehre von den Erzlagerstätten. 2. Aufl. 1913.
4. Becker, H., Carta geologica dell' Alta Brianza 1:86400. Milano, Sacchi 1894.
5. — Brianza. Zeitschr. f. prakt. Geol. Berlin 1895.
6. — Grigna und Brianza. Ibid. Berlin 1896.
7. — Lecco und Grigna. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. Bd. 49. Berlin 1897.
8. Benecke, E. W., Erläuterungen zu einer geologischen Karte des Grignagebirges. N. Jahrb. f. Min., Geol., Pal., Beil.-Bd. 3, 1884.
9. Bistram, A. v., Über geologische Aufnahmen zwischen Luganer und Comer See. Centralbl. f. Min. Nr. 24. Briefl. Mitt. 1901.
10. — Beitrag zur Kenntnis der Fauna des unteren Lias in der Val Solda. Ber. d. Naturf. Ges. zu Freiburg i. B. Bd. 13, 1903.
11. — Das Dolomitgebiet der Luganer Alpen. Ibid. Bd. 14, 1903.
12. Bittner, A., Geologische Aufnahmen in Judicarien und Val Sabbia. Jahrb. d. k. k. geol. R.-A. Bd. 31 und 33, 1881—1883.
13. Blaas, J., Der Klinokompaß. Jahrb. der k. k. geol. R.-A. Wien. Bd. 53, 1903.
14. Brunner, Aperçu géologique des environs du lac de Lugano. Neue Denkschr. Schweiz. Ges. f. Naturw. Bd. 12, 1852.
15. Corti, B., Osservazioni stratigrafiche e paleontologiche sulla regione compressa fra i due rami del lago di Como e limitata a sud dai laghi della Brianza. Boll. Soc. Geol. Ital. Vol. 11, 1893.
16. Curioni, G., Geologia applicata delle provincie Lombarde. Vol. 1, 2. Milano 1877. Mit Karte 1:172800.
17. Daubrée, A., Description géologique et minéralogique du département du Bas-Rhin. Mit einer Karte. Straßburg 1872.
18. — Études synthétiques de Geologie experimentale. Paris 1879.
19. Dinu, J. Jon, Geologische Untersuchungen der Beziehungen zwischen den Gesteinsspalten, der Tektonik und dem hydrographischen Netz im östlichen Pfälzerwald (Haardt). Verhandl. d. Naturhist.-med. Ver. zu Heidelberg, N. F., Bd. 11, 1912.
20. Escher, B. G., Über die prätriasische Faltung in den Westalpen. Diss. Zürich 1911.

21. Escher, B. G., Vroegere en tegenwoordige opvattingen omtrent de geologie van het porphyrgebied van Lugano. Handelingen van het XIVe Nederlandsch Natuuren Geneeskundig Congres gehouden te Delft 1913.
22. — Vorläufige Mitteilung über die Geologie und Petrographie der San Salvatore-Halbinsel bei Lugano. Ecl. geol. Helv. Vol. 12, 1913.
23. Escher v. d. Linth, Geologische Bemerkungen über das nördliche Vorarlberg und einige angrenzende Gegenden. Neue Denkschr. Schweiz. Ges. f. Naturw. Bd. 13, 1853.
24. Engstler, B., Geologische Untersuchungen der Beziehungen zwischen den Gesteinsspalten, der Tektonik und dem hydrographischen Netz in den östlichen Mittelvogesen. Verhandl. d. Naturhist. med. Ver. zu Heidelberg. N. F., Bd. 12, 1913.
25. Frech, F., Über den Gebirgsbau der Alpen. Petermanns Mitt., Bd. 54, 1908.
26. Gümbel, C. W. v., Geognostische Beschreibung des Bayerischen Alpengebirges. Gotha 1861.
27. — Geognostische Mitteilungen aus den Alpen I—VII. Sitzungsber. d. math. phys. Kl. der Akad. d. Wiss. München 1873—1880.
28. Harada, T., Das Luganer Eruptivgebiet. N. Jahresb. Beil. Bd. 2, 1882.
29. Hauer, F. v., Erläuterungen zu einer geologischen Übersichtskarte der Lombardei. Jahrb. der k. k. geol. R.-A. Bd. 9, 1858.
30. Heim, Albert, Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung im Anschluß an die Geologische Monographie der Tödi-Windgällen-Gruppe. Basel, Schwalbe 1878.
31. — Das Säntisgebirge. Beitr. zur geol. Karte d. Schweiz. 46. Lieferg., 1905.
32. — Ein Profil am Südrand der Alpen, der Pliozänfjord der Breggiaschlucht. Geol. Nachl. 15. Naturf. Ges. Zürich 1906.
33. Herrmann, O., Steinbruchindustrie und Steinbruchgeologie. Bornträger, Berlin 1899.
34. Höfer, H., Die Ausrichtung der Verwerfungen. Österr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwesen. 1881. Wien.
35. Kaech, M., Vorläufige Mitteilung über Untersuchungen in dem Porphyrgebiet zwischen Luganer See und Val Sesia. Ecl. geol. Helv. VII, 1901, S. 523.
36. — Das Porphyrgebiet zwischen Lago Maggiore und Val Sesia. Ecl. geol. Helv. VIII, 1903.
37. Kossmat, F., Die adriatische Umrandung der alpinen Faltenregion. Mitt. d. Geol. Ges. in Wien. Bd. 6, 1913.
38. Krümmer, Die Tektonik des Emser Gangzuges nebst einer Betrachtung über die Anwendung tektonischer Begriffe in Bergbau und Geologie. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1912.
39. Lind, J. G., Geologische Untersuchungen der Beziehungen zwischen den Gesteinsspalten, der Tektonik und dem hydrographischen Netz des Gebirges bei Heidelberg. Verhandl. d. Naturhist.-med. Ver. zu Heidelberg. N. F., Bd. 11, Heft 1, 1910.
40. Negri e Spreafico, Saggio sulla geologia dei dintorni di Varese e di Lugano. Mem. R. ist. Lomb., Cl. di sc. nat. e mat. ser. III. Vol. 11, 1869.

41. Negri, Spreafico und Stoppani, Geologische Karte der Schweiz (Dufour-Atlas), Bl. XXIV. 1 : 100000, 1869.
42. Philippi, E., Beiträge zur Kenntnis des Aufbaues der Schichtenfolge im Grignagebirge. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. Berlin 1895.
43. — Geologie der Umgegend von Lecco und des Resegonemassives. Ibid. 1897.
44. — Erwiderung auf Beckers „Lecco und Grigna". Ibid. 1897.
45. Porro, C., Alpi Bergamasche. Milano, Sacchi e figli, 1903.
46. Quiring, H., Die Entstehung der Schollengebirge. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges., Bd. 65, 1913.
47. — Zur Theorie der Horizontalverschiebungen. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1913.
48. Rassmuss, H., Zur Geologie der Alta Brianza. Centralbl. f. Min., Geol., Pal. 1910.
49. — Beiträge zur Stratigraphie und Tektonik der südöstlichen Alta Brianza. Geol. u. Pal. Abh., herausgeg. v. E. Koken. N. F., Bd 10, Heft 5, 1912.
50. — Zur Geologie der Vall' Adrara. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. 1912.
51. — Der Gebirgsbau der Lombardischen Alpen. Ibid. 1913.
52. Repossi, E., Osservazioni stratigrafiche sulla Val d' Intelvi, la Val Solda e la Val Menaggio. Atti Soc. Ital. di Sc. nat. Milano 1902.
53. Rosenbusch u. Wülfing, Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien. Erste Hälfte: Allgemeiner Teil. 4. Aufl. Stuttgart 1904. Tafel XVII. Wulffsches Netz für stereographische Projektion.
54. Salomon, W., Über Alter, Lagerungsform und Entstehungsart der periadriatischen, granitisch-körnigen Massen. Ecl. geol. Helv., Bd. 5, 1897.
55. — Die alpino-dinarische Grenze. Verh. der k. k. geol. R.-A. in Wien 1905.
56. — Die Adamellogruppe. Abh. der k. k. R.-A. Wien 1908 und 1910.
57. — Über Gesteinsklüftung und Klüftbarkeit. Der Steinbruch, Jahrg. 6, 1911, Heft 20.
58. — Die Bedeutung der Messung und Kartierung von gemeinen Klüften und Harnischen mit besonderer Berücksichtigung des Rheintalgrabens. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges., Bd. 63, Heft 4, 1911.
59. Schmidt, C., Zur Geologie der Alta Brianza. Compte-rendu Congr. geol. intern. session VI, Zürich 1894.
60. — und Steinmann, G., Geologische Mitteilungen aus der Umgebung von Lugano. Ecl. geol. Helv. II, 1890.
61. Spitz, W., Versuch eines Schemas zur Darstellung von Kluft- und Harnischbeobachtungen. Jahresber. u. Mitt. d. Oberrh. geol. Ver. N. F., Bd. 3, Heft 1, 1913.
62. Stoppani, A., Studi geologici e paleontologici sulla Lombardia. Milano 1857.
63. — Rivista geologica della Lombardia in rapporto alla carta geologica di questo paese publicata dal Cav. F. Hauer. Milano 1859.
64. Studer, B., Geologie der Schweiz. Bern 1851.
65. — Die Porphyre des Luganer Sees. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges., Bd. 27, 1875.
66. Suess, Ed., Das Antlitz der Erde. 1888—1909.

67. Taramelli, T., Il Canton Ticino meridionale. Spiegazione del folgio XXIV Duf. Mat. Carta geol. della Svizzera vol. XVII, 1880.
68. — Carta geologica della Lombardia 1 : 250 000 con spiegazione. Milano 1890.
69. — Sugli studi relativi alla geologia e paleontologia della Lombardia. Boll. Soc. geol. it. Vol. IX, 1891.
70. — I tre laghi con carta geol. Milano 1903.
71. Tilmann, N., Tektonische Studien im Triasgebirge des Val Trompia. Bonn. Diss. 1907.
72. — Über den Bau der südlichen Kalkalpen. Ber. d. Vers. d. Niederrh. geol. Ver. 1908.
73. — Beitrag zur Stratigraphie und Tektonik der Trias des Monte Guglielmo. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges., Bd. 61, 1909.
74. Tornquist, A., Geologischer Führer durch das oberitalienische Seengebirge. Berlin 1902.
75. Report of the Committee on the Nomenclature of Faults. By H. F. Reid, W. M. Davis, A. C. Lawson, F. L. Ransome. Bulletin of the Geological Society of America. Vol. 24. Number 2. June 1913.

I. TEIL.

Über die Tektonik des Gebietes von Lugano.

A. Einleitung.

Der Gang der nachfolgenden Untersuchung ist kurz folgender: In den Abschnitten B und C habe ich mich nach Möglichkeit auf rein Beschreibendes beschränkt. Alle genetischen Erörterungen und zusammenfassenden Betrachtungen sind in dem darauffolgenden Abschnitt enthalten. Dazu ist eines vorauszuschicken.

Was man als Überschiebung, Verwerfung, Blattverschiebung bezeichnet, ist in vielen Fällen keine Beobachtung mehr, sondern bereits Deutung[1]. Es ist klar, daß die wichtigsten Kriterien für die Unterscheidung von Verwerfung und Überschiebung — das sind: die Stellung der Dislokationsfläche im Raume und der relative Bewegungssinn — in vielen Fällen nicht festgestellt werden können[2]. Sehr häufig ist der Leser gezwungen, die Behauptung eines Verfassers über die Natur einer Störung hinzunehmen, ohne den Grad von Wahrscheinlichkeit zu kennen, mit dem diese Behauptung ausgesprochen wurde. Durch Aufstellung eines terminologischen Stammbaumes und durch eine feine Nüanzierung einzelner Begriffe glaubt QUIRING diesen Schwierigkeiten steuern zu können. „Es dürfte sich empfehlen (lit. 46, S. 419 Anm. 1), zur genauen Bezeichnung der Verschiebungsflächen und -spalten im Gegensatz zur Bezeichnung der Schollenbewegungen an sich scharf zwischen beiden Begriffen zu unterscheiden und zur Bezeichnung der Flächen und Spalten die Ausdrücke Sprung, Blatt und Überschiebungsfläche, zur Bezeichnung der Schollenbewegung dagegen Vertikalverwerfung, Horizontalverschiebung und Überschiebung zu verwenden.“

[1] Vgl. S. 597 dieser Arbeit.

[2] Man versucht daher beim Rheintalgraben die Stellung der Dislokationsflächen im Raume auf indirektem Wege zu ermitteln (vgl. lit. 14, 24, 39, 58).

Gewiß ist eine derartige Unterscheidung sehr zu begrüßen. Doch sei auf eine große Schwierigkeit für ihre Durchführung hingewiesen. Ausdrücke, die schon jahrzehntelang sich im Gebrauch befinden, sind sehr schwer auszurotten, auch wenn sie nachweislich auf falscher Grundlage beruhen. Will man dennoch etwas erreichen, so muß man solche Worte gebrauchen, die ein Minimum von geistiger Anstrengung für eine korrekte Anwendung erfordern. So ist z. B. das Wort „Sprung" ein Ausdruck, der seiner Abstammung nach einen Bewegungsvorgang bezeichnet. Trotzdem reserviert QUIRING dieses Wort für eine Fläche. Er stellt also an den Leser die große Anforderung, den Sinn seiner Ausdrücke auswendig zu lernen. Viel leichter gelangt man auf andere Weise zum gleichen Ziel. Die Verschiebungsflächen bezeichnet man am besten dadurch, daß man an die Ausdrücke der Schollenbewegung das Wort „Fläche" anhängt; also: Sprungfläche, Verwerfungsfläche, Überschiebungsfläche, Blattfläche. Im Gegensatz hierzu bezeichnet man die Schollenbewegung mit Sprung oder Verwerfung, Überschiebung, Blattverschiebung oder Horizontalverschiebung.

Mit dieser Unterscheidung zwischen Bewegungsvorgang und Fläche ist aber noch nicht das Wesentliche des Problemes erfaßt. Denn um irgend eine Störung als Sprungfläche, Blattfläche oder Überschiebungsfläche bezeichnen zu können, muß man eben über den Bewegungsvorgang an dieser Fläche vollkommen im Klaren sein, was wohl aber nur in wenigen Fällen zutreffen dürfte. Außerdem enthält ein terminologischer Stammbaum, wie ihn QUIRING aufstellt, immer eine genetische Vorstellung, durch die man zu leicht verführt wird, irgend eine tektonische Erscheinung z. B. eine Verwerfung ohne weiteres denjenigen Kräften gleichzusetzen, welche man im allgemeinen als die Ursachen der Verwerfungen zu erkennen glaubt.

Daß hierin eine große Gefahr liegt, haben die amerikanischen Geologen schon seit einiger Zeit erkannt. Auf der Versammlung der "Geological Society of America" (lit. 75) in Baltimore im Dezember 1908 wurde ein "Comittee on the Nomenclature of Faults" gegründet, das sich zur Aufgabe machte, „eine geometrische und beschreibende aber keine genetische Klassifikation[1]

[1] Vgl. Geologische Rundschau, Bd. V, Heft 4, S. 299 Referat. Ich bin leider nicht in der Lage, den englischen Text zu zitieren, da das Bull. of the Geol. Soc. of America mir zurzeit nicht mehr zugänglich ist.

aufzustellen, damit eine Störung beschrieben werden kann, soweit sie beobachtet wurde, ohne jede Voraussetzung über die Kräfte, durch welche sie erzeugt wurde. . . . Eine dynamische Klassifikation und Nomenklatur wird dann am Platze sein, wenn die Dynamik der Störungen besser verstanden sein wird." Ich glaube nicht, daß eine derart extreme Stellungnahme notwendig ist. Eine genetische Nomenklatur darf nicht fehlen, auch wenn wir nicht alle ursächlichen Zusammenhänge erfassen können; ohne eine genetische Nomenklatur ist jede kausale Betrachtung unmöglich; jede wissenschaftliche Arbeit sinkt dann zur reinen Beschreibung herab. Neben einer deskriptiven Klassifikation muß auch eine genetische bestehen, die natürlich bei dem heutigen Stande unseres Wissens nur eine vorläufige Form annehmen kann. Es ist übrigens kaum möglich, diese amerikanische Nomenklatur ohne weiteres in das Deutsche zu übertragen. Andererseits kann es auch nicht meine Aufgabe sein, eine neue deskriptive Nomenklatur, die dem deutschen Sprachgebrauche angepaßt ist, aufzustellen. Ich muß mich vielmehr damit begnügen, so gut es geht, den berechtigten Forderungen der amerikanischen Geologen nachzukommen.

Der allgemeinste Ausdruck für eine Dislokation, bei der der Zusammenhang der Schichten nicht mehr gewahrt blieb, bei der also die Bewegung zu einer Zerreißung oder Zertrümmerung geführt hat, ohne daß damit eine Vorstellung über die Entstehungsursachen verknüpft sei, scheint mir der Ausdruck „Bruch" zu sein. WILKENS[1] möchte zwar diesen Ausdruck auf die Verwerfungen beschränkt wissen. Doch gebraucht A. HEIM das Wort auch in anderem Sinne: er spricht z. B. von dem Sax-Schwendi-Bruch und erklärt ihn als Blattverschiebung. Bei dem Gebrauch des Wortes im täglichen Leben, bei dem Bruch irgend eines Gegenstandes denkt man ja auch nicht an eine ganz bestimmte Ursache des Schadens, z. B. nur an seitlichen Druck oder nur an Zerreißung, Zerrung. Mit dem Ausdruck „Bruch" möchte ich daher weder eine bestimmte Art der Schollenbewegung noch irgend eine bestimmte Verschiebungsfläche, sondern nur den Endzustand einer Schollenbewegung kennzeichnen. Der Bruch steht im Gegensatz zur einfachen Neigung oder Faltung der Schichten; er kann also eine Verwerfung, eine Blattverschiebung oder eine Überschiebung sein.

[1] O. WILKENS, Grundzüge der tektonischen Geologie.

In dem beschreibenden Teil meiner Ausführungen habe ich mich bemüht, den Ausdruck ,,Bruch" in dem dargelegten Sinne zu gebrauchen. Es ist dies bei der Problemstellung meiner Untersuchung von ganz besonderer Bedeutung. Gerade da, wo es sich darum handelt, scharf zu trennen zwischen horizontalen und vertikalen Bewegungsvorgängen, ist es auch ganz besonders wichtig zu wissen, was man eine Verwerfung oder eine Überschiebung nennen darf und was zweifelhaft ist. Wo in den beschreibenden Abschnitten doch noch von Verwerfungen, Überschiebungen und Blattverschiebung gesprochen wird, bringe ich nicht meine Auffassung, sondern es handelt sich dann nur um die Wiedergabe einer Vorstellung aus der Literatur. Im übrigen habe ich mich auch bemüht, die von Quiring angeregte Unterscheidung zwischen Verschiebungsflächen und Schollenbewegungen durchzuführen, wobei ich allerdings die auf S. 542 beschriebene Abänderung vorgenommen habe.

B. Erläuterungen zu den Karten und Profilen.

Als Grundlage meiner Kartierungen dienten die Blätter der Schweizer Karte im Maßstab 1 : 50000 und 1 : 25000. Die dieser Arbeit beigegebenen Kartenskizzen sind mit Benutzung der Schweizer topographischen Karte hergestellt.

Das Verständnis für die nachfolgenden Erörterungen ist nur möglich an Hand der Karten von Bistram (lit. 11) und Repossi (lit. 52).

I. Das Profil am Comersee nördlich von Menaggio.

Im Norden von Menaggio hat Bistram zwei Längsbrüche bis an den See hin durchgezogen; zwischen Muschelkalk[1] und Verrucano einerseits und Verrucano und kristallinen Schiefern andererseits. Es ist nun durchaus fraglich, ob diese beiden Brüche an der Straße, die dem Seeufer entlang läuft, noch existieren. In dem Aufschluß an der Straße kann man beobachten, wie sich im Muschelkalk allmählich sandige Bänke einstellen, die von Konglomeraten unterlagert werden. Der Übergang zu dem Verru-

---

[1] Die Bezeichnung ,,Muschelkalk" wird hier im Bistramschen Sinne als stratigraphischer Begriff gebraucht. Besser wäre vielleicht ,,Salvatore-Dolomit".

cano vollzieht sich ohne scharfe Grenze. TORNQUIST (lit. 74, S. 70) hat diesen Aufschluß besucht, als sich die Straße im Bau befand. Damals konnte er „die transgredierende, ungleichförmige Auflagerung des Muschelkalkes in Form von stark verwitterten papierdünnen Mergelschichten“ beobachten. Daraus geht hervor, daß die Sprunghöhe an dieser Stelle gleich Null ist. Die Grenzfläche zwischen Verrucano und kristallinen Schiefern kann ebenfalls als die ursprüngliche Auflagerungsfläche der Sedimente auf das Grundgebirge betrachtet werden. Sichere Beweise sind hierfür nicht zu erbringen. Bemerkenswert ist es immerhin, daß

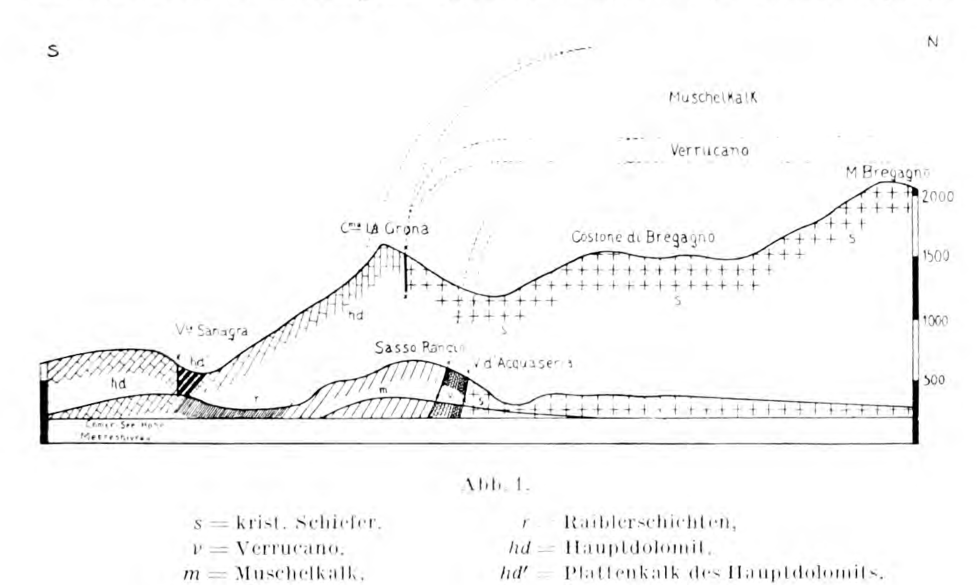


Abb. 1.

s = krist. Schiefer, r = Raiblerschichten,
v = Verrucano, hd = Hauptdolomit,
m = Muschelkalk, hd' = Plattenkalk des Hauptdolomits.

nirgendwo eine Ruschelzone, ja nicht einmal ein Harnisch an der Grenzfläche zu beobachten ist. Auf jeden Fall ist an der Straße eine bedeutende Bruchlinie nicht festzustellen. In den Stollen des Eisenbergwerkes „la Miniera“ will BISTRAM die Verwerfungsfläche zwischen Dolomit und Verrucano gut beobachtet haben. Dies kann in der Tat zu Recht bestehen, denn der Sandstein keilt ja sehr rasch in der Richtung nach Westen hin aus. Verrucano und Muschelkalk besitzen ein Einfallen von zirka 60° nach Süden.

Betrachtet man das natürliche Profil (vgl. Abb. 1) an der Straße für sich allein, so könnte man an einen steil aufgerichteten Nordschenkel einer Mulde denken. Da aber das Grundgebirge im Norden und zwar in der nächsten Umgebung eine Höhe von über 2000 m erreicht, so wird — wie die Ergänzung des Profiles

(Abb. 1) durch Luftlinien[1] zeigt — eine Flexur (vgl. C. SCHMIDT, lit. 60, S. 37) den Verhältnissen am meisten gerecht werden, die allerdings sehr rasch nach Westen hin auskeilt. Es kann natürlich aber auch möglich sein, daß in dem bereits abgetragenen Gebirgsteil eine so starke Ausdünnung der Verrucano-Schichten stattgefunden hatte, daß schließlich die „Flexur" in einen Bruch auslaufen mußte. Im übrigen sind diese Möglichkeiten zunächst von geringerer Bedeutung. Wichtiger ist das Ausmaß der Sprunghöhe zu ermitteln.

Nach Abb. 1 ist entsprechend der Erhebung des Monte Bregagno über den Spiegel des Comersees die Sprunghöhe mit mindestens 1900 m anzusetzen. Diese Zahl ist viel zu niedrig gegriffen, denn wir wissen nicht, in welcher Tiefe unter dem Spiegel des Comersees das Grundgebirge ansteht, noch kennen wir den Betrag der Abtragung auf dem Gipfel des Monte Bregagno. Zu einem anderen Betrag der Absenkung gelangt man, wenn man die von BISTRAM ermittelten Mächtigkeiten der einzelnen Schichten zugrunde legt. Und zwar für:

Muschelkalk	eine Mächtigkeit von	1000 m,
Raiblerschichten	„ „ „	600 „
Hauptdolomit	„ „ „	1000 „
Contortaschichten	„ „ „	500 „
	zus.	3100 m.

Die Mächtigkeit von Verrucano und Conchodondolomit soll dabei überhaupt nicht in Rechnung gesetzt werden. An den Stellen, wo die Schichten des Lias am Grundgebirge abstoßen wie z. B. im Osten und Süden von Lugano können wir also gegenüber dem Grundgebirge nördlich der Hauptlängsverwerfung zunächst eine Mindest-Sprunghöhe von 3100 m annehmen. Hierbei ist aber nicht berücksichtigt, daß im Norden des Hauptlängsbruches das Grundgebirge bis auf 2000 m aufragt, daß man also in Wirklichkeit 2000 zu 3100 zu addieren hat. Man erhält auf diese Weise

[1] Es ist wohl möglich, daß die Sedimente im Norden der Hauptverwerfungslinie ebenfalls in Falten gelegt wurden. Wenn nun trotzdem in Abb. 1 eine einfache, horizontale Linienführung bevorzugt ist, so soll damit nur zum Ausdruck gebracht werden, daß die auch heute noch nicht ganz aufgegebenen Konstruktionen phantastischer Faltengebilde in der Luft hoch über den Kämmen des Gebirges Spekulationen sind, für die selbst ein Wahrscheinlichkeitsbeweis nicht anzutreten ist.

eine Gesamt-Sprunghöhe von 5100 m. Um aber im folgenden jeden Fehler einer zu hohen Berechnung auszuschalten, soll eine Sprunghöhe von nur 4000 m angenommen werden.

Im Westen von Breglia hat Bistram einen Keil kristalliner Schiefer eingetragen, der sich zwischen Hauptdolomit und ältere Triasschichten einschiebt. Man könnte geneigt sein, dies durch Südfallen des Hauptlängsbruches zu erklären. In dem Text zur Bistramschen Karte findet man hierüber keine Bemerkung. An Ort und Stelle konnte ich mich überzeugen, daß ein derartiger Keil gar nicht existiert, daß der Längsbruch vom Cima la Grona kommend den kleinen Bachriß (auf der Karte ohne Namen) ohne einen Winkel zu bilden überschreitet. Die Bruchfläche steht senkrecht.

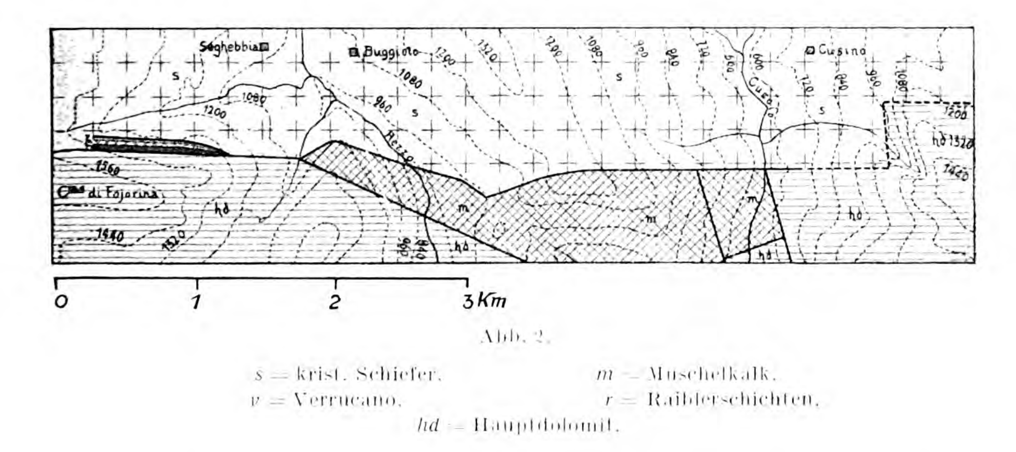


Abb. 2.

s = krist. Schiefer. *m* = Muschelkalk.
v = Verrucano. *r* = Raiblerschichten.
hd = Hauptdolomit.

2. Der Hauptlängsbruch im Norden von Porlezza.

Noch an zwei anderen Stellen könnte man aus der Bistramschen Karte entnehmen, daß der Hauptlängsbruch nach Süden einfällt. Die Bruchlinie kreuzt auf seiner Karte das Tal des Rezzo und eines seiner Nebenbäche jedesmal mit einem schwachen Knick nach Süden. Daß dies nicht zutrifft, geht aus der beigegebenen Karte[1] (Abb. 2) hervor. Die Winkel, die die Bruchlinie bildet, sind durch das wechselnde Streichen des Bruches zu erklären. Die Täler werden geradlinig überquert; daraus ist zu schließen, daß die Bruchfläche senkrecht steht. Im Gegensatz zur Kartierung von Bistram muß ich feststellen, daß auch das Tal des Cuccio geradlinig von dem Bruch überschritten wird. Auf dem

[1] Die Verbreitung des Muschelkalkes auf Abb. 2 ist der Bistramschen Karte entnommen.

linken Ufer des Cuccio versagt die topographische Grundlage fast vollständig. Es ist mit dem besten Willen nicht möglich, auch nur einigermaßen genau den Verlauf der Bruchlinien nach der italienischen Karte festzulegen. Um wenigstens anzudeuten, daß an dieser Stelle der westliche Teil des Längsbruches wahrscheinlich an einer kurzen Querstörung weiter nach Süden geschoben wurde als der östliche Teil, habe ich den weiteren Verlauf der Bruchlinie auf Abb. 2 als vermutet eingetragen.

Bistram hat in seiner Karte dem Muschelkalk eine viel geringere Verbreitung eingeräumt, als wie es die älteren Karten zeigen. Das Vorkommen von Verrucano im Norden der Denti della Vecchia und der Fojorina-Gruppe schienen seiner Auffassung zu widersprechen. Doch glaubt (lit. 11 S. 57) er „dieses Argument nicht in Anspruch nehmen zu müssen, da der Verrucano die Phyllite überlagernd auch nördlich von der Verwerfung anstehend gedeutet werden kann." Er beruft sich dabei besonders auf die Tatsache, daß überall dort, wo Muschelkalk „sicher vorhanden ist, also z. B. am Sasso Rancio und Monte San Salvatore, sich immer Horizonte mit ausgesprochener Fossilführung, wenn auch in sehr mangelhafter Erhaltung finden." Für diese Auffassung kann ich nun eine weitere Stütze liefern. Es gelang mir das Vorkommen von Verrucano an der Valle del Cane südlich von Seghebbia wieder aufzufinden[1]. Der Verrucano wird von Dolomit und dieser von roten und schwarzen tonigen Mergeln überlagert; diese drei Schichtserien sind so stark reduziert und ausgequetscht, daß es unmöglich ist, sie in ihrer wahren Mächtigkeit in die Karte 1:50000 einzutragen. Rote und schwarze Mergel sind ein Merkmal für Raiblerschichten; ich rechne daher den unterlagernden Dolomit zu dem Muschelkalk. Über den Raiblerschichten folgt der Hauptdolomit der Fojorina-Gruppe. Die Schichten vom Verrucano, Muschelkalk und Raiblerschichten streichen ungefähr O—W und fallen mit zirka 50° nach Süden. Dieses verhältnismäßig flache Einfallen muß auf das Gekriech zurückgeführt werden.

Das Profil ist in den kleinen Bachrissen, die den Nordhang der Fojorina-Gruppe zerschneiden, aufgeschlossen. Wie weit es sich nach Westen hin erstreckt, ist nicht festzustellen; glaziale Ablagerungen und Gehängeschutt bedecken dort vollständig den

[1] Bistram hat dieses Vorkommen nicht selbst beobachtet, sondern nach der Schweizer Karte Blatt XXIV eingetragen (lit. 11, S. 57, Anm. 1).

Untergrund. Im übrigen stimmt es vollständig überein mit dem am Nordhang der Denti della Vecchia (vgl. Abb. 3).

Damit wird die Auffassung BISTRAMS über die weite Verbreitung des Hauptdolomites bestätigt.

Eine große Ähnlichkeit zwischen diesem Profil und jenem am Comersee ist nicht zu leugnen. Hier wie dort ist die vollständige Schichtenfolge von den kristallinen Schiefern bis zu dem Hauptdolomit erhalten, nur mit dem Unterschied, daß Verrucano, Muschelkalk und Raiblerschichten besonders stark in ihrer Mächtigkeit reduziert sind. Auch hier trägt der Bruch den Charakter einer Flexur.

Um die starke Reduktion der Schichten auch äußerlich in den Karten 1 und 2 zum Ausdruck zu bringen, habe ich zwischen Verrucano und kristallinen Schiefern einerseits und Raiblerschichten und Hauptdolomit andererseits schematisch eine Bruchlinie eingetragen. Ebenso gut hätte man natürlich auch 3 oder 4 Bruchlinien einzeichnen können; es hat eben eine starke Ausdünnung der Schichten stattgefunden.

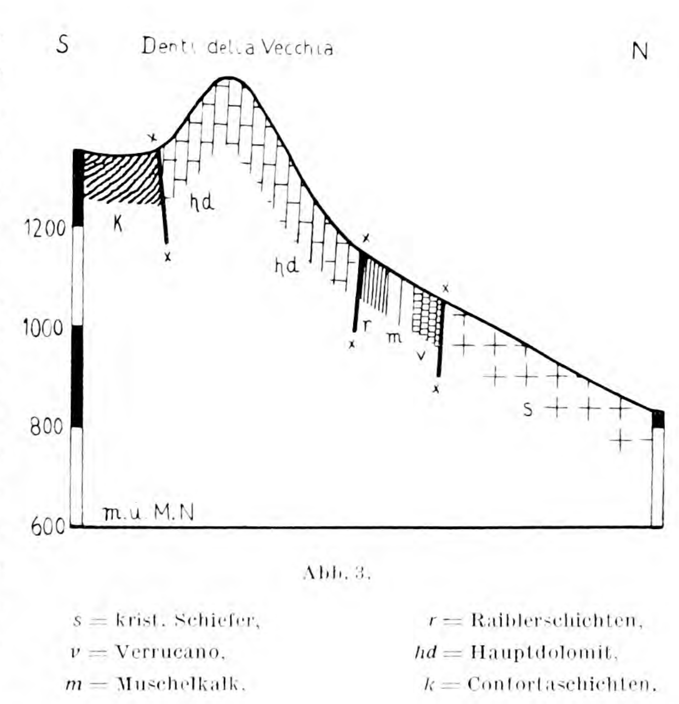


Abb. 3.

s = krist. Schiefer, *v* = Verrucano, *m* = Muschelkalk, *r* = Raiblerschichten, *hd* = Hauptdolomit, *k* = Contortaschichten.

3. Kartierungen im Gebiete der Denti della Vecchia.

Das Profil am Nordfuß der Denti della Vecchia (Abb. 3) ist das gleiche wie südlich von Seghebbia, nur noch viel klarer aufgeschlossen. Infolge der starken Ausdünnung einzelner Schichten und ihrer Zerstückelung durch kleine Querbrüche gestaltet sich

die Darstellung auf der Karte (Abb. 4) ziemlich schwierig; eine gewisse Schematisierung war daher nicht zu vermeiden. Parallel mit dem Nordfuß der Denti della Vecchia zieht ein schmaler Streifen von Verrucano, Muschelkalk und Raiblerschichten, die von einigen Querbrüchen zerschnitten werden. Zum besseren Verständnis sind diese Querbrüche in der Karte mit römischen Ziffern in der Richtung von O nach W numeriert.

Zwischen dem ersten und zweiten Querbruch sind die Raiblerschichten von einem Dolomit überlagert, den ich dieser Lagerung nach und wegen seiner petrographischen Beschaffenheit zum Hauptdolomit rechnen möchte. Es ist ein weißer ungeschichteter klotziger Dolomit, der sich sehr deutlich von dem gelb und sandig verwitterten Dolomit der Raiblerschichten unterscheidet. Diese kleine Hauptdolomitscholle ist im Süden durch eine Ruschelzone von der Hauptmasse der Denti della Vecchia getrennt. Diese Ruschelzone besitzt ein Streichen von N 60° O. Sie fällt damit genau in die Richtung der Grenze zwischen Raiblerschichten und Hauptdolomit weiter im Osten. Der zweite Querbruch schneidet mit einem dritten ein kleines, keilförmiges Stück Muschelkalk, der ebenfalls vom Verrucano unterlagert wird, gerade an jener Stelle aus, wo die nördliche Bruchlinie aus der NO-SW-Richtung in die NS-Richtung umbiegt. Auf dem dritten Querbruch ist ein Harnisch ausgebildet, dessen Streifen mit 10° nach Süden einfallen. Genau an der Stelle, wo der dritte Querbruch den zweiten schneidet, ist eine kleine Scholle von Raiblerschichten in den Muschelkalk eingeklemmt, ebenso wie in dem Winkel zwischen dem vierten Querbruch und der südlichen Bruchlinie. Auch diese auf fünf Seiten von Längs- und Querbrüchen begrenzte Muschelkalkscholle wird im Norden von Verrucano unterlagert[1]. Das Streichen und Fallen der Schichten ist großen Schwankungen unterworfen. Man findet neben auffällig flacher Lagerung von 30° auch steiles Einfallen bis zu 60°. Zweifellos spielt hier bei der tiefen glazialen Unterschneidung und bei der leichten Zerstörbarkeit der kristallinen Unterlage das Gekriech eine große Rolle. Doch ist das wahre Einfallen der Schichten an dem massigen Hauptdolomit ziemlich einwandfrei zu erkennen. Ich habe daher auf den Abbildungen 3 und 6 auch Verrucano, Muschelkalk und Raiblerschichten steil nach Süden einfallend gezeichnet. Es ist auch

[1] Diese Einzelheiten sind im Text nur deswegen angeführt, weil sie auf der Karte leicht übersehen werden können.

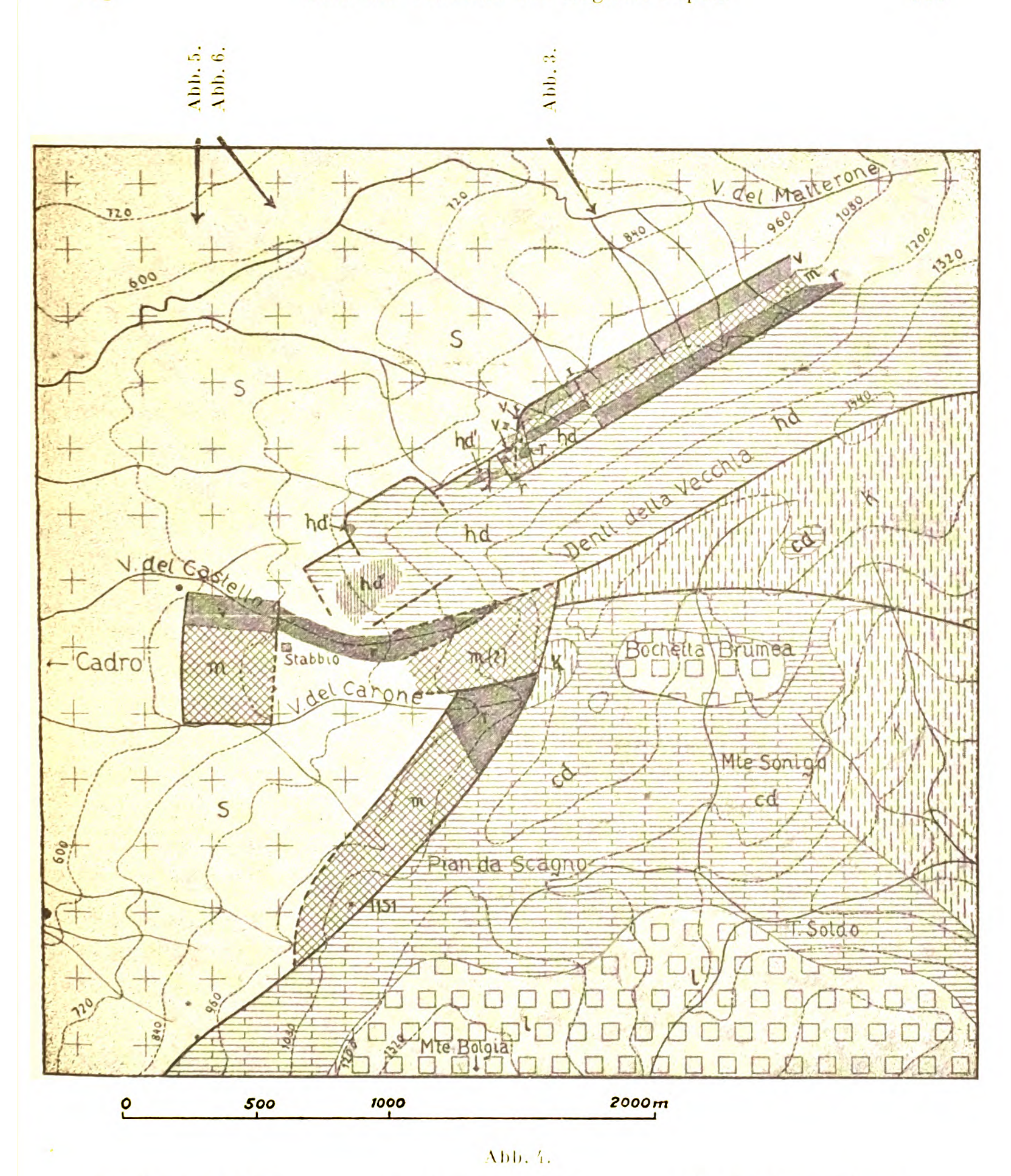


Abb. 4.

s = krist. Schiefer,
v = Verrucano,
m = Muschelkalk,
r = Raiblerschichten,
hd = Hauptdolomit,
k = Contortaschichten,
cd = Conchodondolomit,
l = Lias.

in diesem Teil des Längsbruches der gleiche tektonische Bau zu erkennen wie im Osten am Comersee. Der Längsbruch trägt also stellenweise den Charakter einer Flexur.

Durch starke Moränebedeckung ist der komplizierte, tektonische Bau des Westhanges der Denti della Vecchia zu einem

großen Teil der Beobachtung entzogen. Die Schwierigkeiten[1] sind umso größer, da es außerdem unmöglich ist, die verschiedenen Dolomite nach ihren petrographischen Merkmalen auseinander zu halten; auch geben Fossilien wegen ihrer Seltenheit wenig Anhaltspunkte. Nun sind aber die zwischen den einzelnen Dolomitstufen gelagerten Plattenkalke, Mergel und Tone so charakteristisch, daß man aus ihrer Verbreitung und Lagerung Schlüsse auf die Tektonik ziehen kann.

Es sollen daher zunächst die wichtigsten Merkmale dieser Schichten kurz zusammengestellt werden.

Die Raiblerschichten sind sandige Dolomite, die gelb verwittern und bisweilen Rauchwackenstruktur zeigen; zu ihnen gehören auch die schwarzen und die sehr charakteristischen roten Mergel. Die Plattenkalke „sind gut geschichtete, dünnplattige, graue bald dunklere, bald hellere, etwas sandige Kalke mit glatten Absonderungsflächen, die meist im Querbruch eine feine Bänderung zeigen, sobald er etwas angewittert ist (lit. 11 S. 29). Die Contortaschichten bestehen aus „schwarzen, bituminösen splittrigen Kalkmergel, die infolge starken Eisengehaltes braun verwittern;“ sie sind „meist reich an Fossilien und durch härtere Kalkbänke gegliedert“ (lit. 11 S. 30).

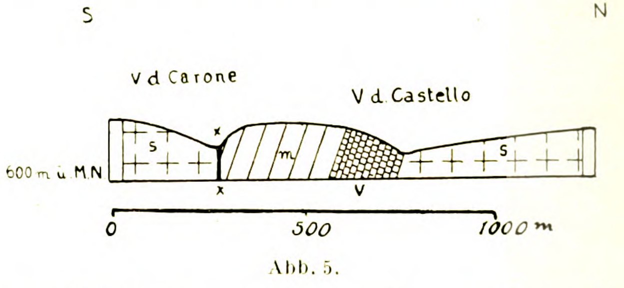


Abb. 5.

s = krist. Schiefer. m = Muschelkalk. v = Verrucano.

An dem Hange nach Cadro hinunter hat Bistram Muschelkalk beobachtet. Aber abgesehen davon, daß er diese Scholle zu weit westlich eingetragen hat, hat er übersehen, daß sie im Norden von Verrucano unterlagert wird (vgl. Abb. 5). Die Grenzen gegen die kristallinen Schiefer hin (Abb. 4) sind bis auf ein kleines Stück, das als vermutet kartiert ist, genau zu verfolgen. Da der Muschelkalk von Verrucano unterlagert wird, ist überall dort, wo die

[1] Obwohl es mir gelang, die Bistramsche Karte in einigen Punkten zu ergänzen, müssen auch meine Aufnahmen stellenweise unvollständig bleiben. Als äußeres Zeichen dafür habe ich an den in Betracht kommenden Stellen keine feinpunktierten Formationsgrenzen eingezeichnet und die Brüche als vermutet kartiert.

Schichten des Muschelkalkes am Grundgebirge abstoßen, ein Bruch einzutragen. Wie das beigegebene Kärtchen zeigt, handelt es sich also um eine beinahe rechteckige Scholle, die eigentümlicher Weise vollkommen isoliert in die kristallinen Schiefer eingesenkt zu sein scheint. Auffallend ist dabei die große Ähnlichkeit der Abbildung 5 mit dem Querprofil jener schmalen Scholle, die im Süden von Luino am Lago Maggiore fast parallel zur Schlucht der Tresa zieht. Dort wird zwar der Muschelkalk zunächst von Porphyrtuffen und dann erst von Porphyrsandsteinen und Konglomeraten unterlagert (Harada lit. 28), die Schichten sind aber ebenfalls steil aufgerichtet und werden im Süden von einem Bruch abgeschnitten[1].

Nach dem Profil A seiner Arbeit vertritt Bistram die Auffassung, daß die Ablagerung des Muschelkalkes östlich Cadro direkt über den kristallinen Schiefern unter Ausschaltung des Verrucano erfolgt sei. Diese Auffassung kann nach dem bisher Gesagten nicht zutreffen. Da nun die Muschelkalkscholle, die westlich des Pian da Scagno zum Val del Carone zieht, von Verrucano nicht unterlagert wird, muß noch ein zweiter Querbruch vorhanden sein, der wahrscheinlich im Süden von Punkt 1151 von dem Hauptbruch unter spitzem Winkel abzweigt, um dann ein großes Stück mit ihm parallel zu laufen. Es wird dadurch der Eindruck von Staffelbrüchen erweckt.

Am oberen Ende des Caronetobels stehen sandige, gelbverwitternde, zum Teil gutgeschichtete Dolomite und rote und schwarze Mergel an. Bistram hat diese Schichten als Raiblerschichten gedeutet. Seine Auffassung findet ihre Bestätigung darin, daß die petrographisch gleichen Schichten, wie bereits erwähnt, am Nordfuß der Denti della Vecchia und der Fojorina-Gruppe von Verrucano und Muschelkalk unterlagert werden. Der unterlagernde klotzige Dolomit muß daher im Caronetobel als Muschelkalk bezeichnet werden. Im Norden, beinahe parallel zu diesem Tälchen, streicht mit N 80° O ein Bruch, der 75° N einfällt und eine fast ungeschichtete Dolomitscholle in die gleiche Höhe der Raiblerschichten bringt. Auf der von Bistram gezeichneten Skizze Nr. 5 (lit. 11) ist diese Bruchlinie richtig eingetragen. Auf seiner Karte dagegen zieht derselbe Bruch vom Caronetobel

[1] Von der Übereinstimmung der Tektonik in diesen beiden Profilen konnte ich mich bei einer Exkursion in die Gegend von Luino überzeugen.

hinüber in das V. del Castello. Die Raiblerschichten sind an dem Bruch nach unten geschleppt. Man ist daher geneigt, diesen Bruch für eine Verwerfung zu halten. Geht man von dieser Deutung aus, dann dürfte die Dolomitscholle nördl. des V. del Costello eventuell aus Hauptdolomit bestehen. Die Hänge des Castellotales werden in seiner oberen Hälfte von gelbverwitterten, sandigen Dolomiten und roten und schwarzen Mergeln, also von Raiblerschichten gebildet. Leider ist nicht festzustellen, ob diese Schichten von dem südlich gelagerten Dolomit normal unterlagert werden oder ob die Grenzen der Formationen durch Brüche gebildet sind. Im ersten Falle wäre dieser Dolomit als Muschelkalk zu kartieren, im zweiten Falle könnte es sich außerdem noch um Hauptdolomit handeln. Auf jeden Fall bleibt ohne Fossilfunde diese Frage noch unentschieden und ich habe als vorläufige Signatur die des Muschelkalkes gewählt.

Nördlich des Castellotales stehen an drei Punkten schwarze, bituminöse, plattige Kalke an, die ich als Plattenkalke des Hauptdolomits gedeutet habe. Das größere Vorkommen dieser Kalke hat bereits Bistram gekannt, denn er schreibt S. 62: „Die dritte Scholle besteht aus weicheren, gut gebankten Schichten, die eine Synklinale mit SW—NO streichender Achse bilden. Man kann im Zweifel sein, ob man es bei dieser letzten Scholle mit Teilen des Muschelkalkes oder mit Raibler Plattenkalken zu tun hat; ich habe keinerlei organische Reste, die mich hätten leiten können, darin gefunden und diese Scholle vorläufig ebenfalls als Muschelkalk eingezeichnet.“ Dazu ist folgendes zu bemerken. Der sichere Nachweis von Raiblerschichten kann an 3 Stellen des von Bistram kartierten Gebietes geliefert werden. Im Süden des Sasso Rancio, am Nordfuß der Denti della Vecchia und der Fojorinagruppe. Auf Grund rein petrographischer Vergleichung mußten auch die Schichten im Tale des Carone dem Raiblerhorizont zugesprochen werden. Gerade in diesem Aufschluß sind die obersten Schichten des Muschelkalkes und die untersten der Raiblerschichten gut zu studieren. Schwarze Plattenkalke mit muscheligem Bruch sind hier nicht zu beobachten, wie auch in den übrigen Aufschlüssen in den Raiblerschichten. Ich rechne daher die schwarzen plattigen Kalke im Norden der V. del Castello zu den Plattenkalken des Hauptdolomits, zumal sie auf dem Querbruch ebenfalls eine feine Bänderung zeigen und den unterlagernden Dolomit zum Hauptdolomit.

Auf der Bistramschen Karte wird die Grenze des Muschelkalkes gegen den Hauptdolomit der Denti della Vecchia durch eine Bruchlinie bezeichnet, die etwa N 70° W verläuft. An dieser Bruchlinie schiebt sich ein Keil kristalliner Schiefer zwischen Muschelkalk und Hauptdolomit ein. In dieser Form existiert der Keil nicht. Er löst sich vielmehr auf in eine breite Ausbuchtung, wie sie meine Karte (Abb. 4) wiedergibt. Irgend welche Anhaltspunkte für die Existenz eines großen Querbruches, wie Bistram annimmt, sind an dieser Stelle nicht zu finden. Ich erblicke darin eine weitere Stütze meiner Annahme, daß die Westseite der Denti della Vecchia aus Hauptdolomit besteht.

In dem Bachriß, der den fünften Querbruch kreuzt, ist ein gutes Profil (Abb. 6) aufgeschlossen. Ein klotziger weißer Dolomit wird von gebänderten dunklen Dolomiten überlagert, die allmählich in schwarze, bituminöse, gut geschichtete, plattige Kalke übergehen. Nach der petrographischen Beschaffenheit handelt es sich auch hier wieder um Plattenkalke des Hauptdolomits. Weiter im Bachriß aufwärts gehen diese Plattenkalke wieder allmählich in gebänderten Dolomit und dann in klotzigen weißen Dolomit über. Gerade dieser allmähliche Übergang scheint mir für die stratigraphische Einreihung der Plattenkalke ausschlaggebend zu sein. Wären es Plattenkalke der Raiblerschichten, die ja erst in einer viel höheren Lage über den gelben Dolomiten und roten Mergeln zu erwarten sind, dann müßten in diesem Aufschluß an der Grenze zwischen Dolomit und Plattenkalke starke Ausquetschungen zu beobachten sein. Die Schichten streichen N 60° O; das Einfallen von 50° S kann durch Gehängerutschung beeinflußt sein. Man

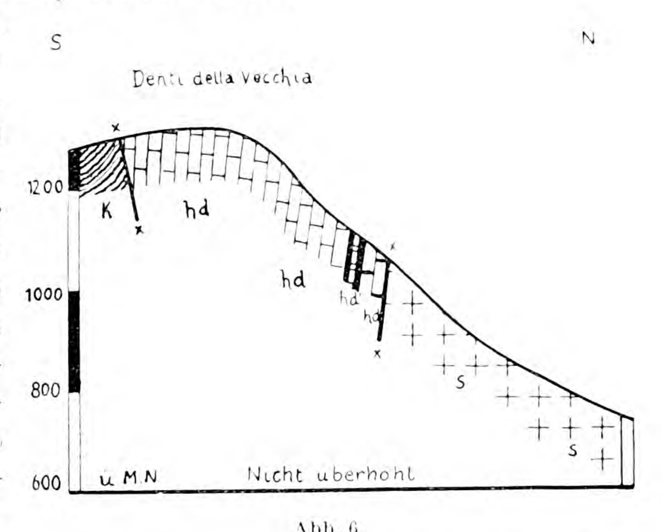


Abb. 6.

s = krist. Schiefer, *hd* = Hauptdolomit, *k* = Contortaschichten, *hd'* = Plattenkalk des Hauptdolomits.

geht wohl nicht fehl, wenn man hier eine kleine, stark zusammengepreßte Mulde annimmt. Die Plattenkalke erreichen eine Mächtigkeit von höchstens 10 bis 15 m. Östlich des fünften Querbruches ist die Mulde etwas nach Süden geschleppt; nach Westen hin keilt sie sehr rasch aus.

Aus der ganzen Verbreitung der Plattenkalke muß geschlossen werden, daß die Denti della Vecchia sich auch nach Westen bis an die kristallinen Schiefer hin aus Hauptdolomit aufbauen.

Die Grenzen des Hauptdolomites und des Muschelkalkes im Westen, der Raiblerschichten in der V. del Castello im Norden und Süden sind in Abb. 4 nicht eingetragen. Gehängeschutt und glaziale Ablagerungen machen eine genauere Aufnahme, wie bereits erwähnt, unmöglich.

4. Die Tektonik des Monte Bré[1].

Im Monte Bré bilden die Liaskalke eine Mulde. Nördlich an die Brémulde schließt sich ein Sattel an, dessen annähernd NW—SO-streichende Achse ungefähr parallel zum mittleren Teile des Cassone-Tobels streicht. Da nun der Conchodondolomit an dieser Stelle und „an der Westseite des Monte Bré in viel höherem Niveau erscheint als bei Castagnola, während die Liaskalke bis hoch am Monte Bré bergwärts einfallen," glaubt Bistram (lit. 11 S. 60) eine Störung annehmen zu müssen, die etwa in SW-NO-Richtung die Mulde durchsetzt. Auf dem Exemplar der mir vorliegenden Bistramschen Karte ist nun allerdings an der Westseite des Monte Bré kein Conchodondolomit eingetragen. Es beruht dies aber wahrscheinlich nur auf einem Druckfehler. Man sieht nämlich im Osten der Verwerfungslinie, die an dieser Stelle etwa genau N-S streicht, die Signatur der kristallinen Schiefer eingetragen, die ostwärts bis an die feinpunktierte Formationsgrenze des Lias reicht. Dieser schmale Streifen sollte offenbar die Signatur des Conchodondolomites tragen. Es ist ein merkwürdiger Zufall, daß durch den Druckfehler die Verbreitung des Conchodondolomites genau so angegeben wird, wie sie nach meiner Auffassung richtig ist. Die Signatur der kristallinen Schiefer östlich der Verwerfungslinie ist durch die des Lias zu ersetzen. Bistram hat sich an dieser Stelle durch eine mächtige Dolomitbank täuschen

[1] Vgl. hierzu die Bistramsche Karte u. Abb. 11, S. 590 dieser Arbeit.

lassen, die, wie ich weiter unten zeigen werde[1], dem Lias zuzurechnen ist. Damit fällt zunächst das eine Argument für die Annahme einer Störung. Der Südschenkel der Brémulde[2] besitzt ein flaches Einfallen von zirka 35° N und dieses Einfallen der Schichten ist bis zu dem Aufschluß Nr. 15 (vergl. Abb. 11, Seite 590) zu verfolgen. Dort ist das bruchlose Umbiegen der Schichten deutlich zu beobachten. Der Nordschenkel steht steil; die Schichten fallen 80° S. Im Cassonetobel steht der Conchodondolomit saiger. Die Mulde des Monte Bré ist also unsymmetrisch. Durch diese Unsymmetrie wird das verschieden hohe Anstehen des Conchodondolomites zur Genüge erklärt.

Eine andere Tatsache könnte eher zur Annahme einer Verwerfung führen. In dem Cassonesattel — wie ich kurzweg den Sattel nördlich der Brémulde bezeichnen möchte — kann man den Conchodondolomit nicht weit verfolgen. Mächtige Moräneablagerungen bedecken bis auf 1100 m hinauf den Untergrund. Man sollte nun erwarten, denselben Conchodondolomit am Ufer des Sees etwa bei Gandria oder nördlich davon wieder anzutreffen. Dem ist aber nicht so. Diese Tatsache kann auf zwei Arten erklärt werden. Entweder senkt sich die Sattelachse des Cassonesattels und mit ihr wahrscheinlich auch die Muldenachse der Brémulde so stark, daß der Conchodondolomit nicht mehr über Tag erscheint, oder aber der östliche Teil von Sattel und Mulde ist an einer Verwerfung abgesunken. Im ersten Falle kann eine Neigung der Mulden- und der Sattelachse von zirka 30° genügen, um den Befund zu erklären. Im zweiten Falle ist es schwer, die mutmaßliche Lage der Verwerfung anzugeben. Die guten und zahlreichen Aufschlüsse des Monte Bré geben keine Anhaltspunkte hierfür. Weiter unten wird auf S. 562 der Nachweis versucht, daß die erste Erklärung wohl die richtigere ist. Auf der Karte (Abb. 11) ist der Verlauf der Hauptquerverwerfung etwas anders eingetragen als auf der Bistramschen Karte. Im Cassonetobel ist deutlich das Einfallen der Verwerfung gegen das Gebirge hin zu beobachten. In der Karte prägt sich dies durch einen Knick in der Verwerfungslinie aus.

Sehr charakteristisch für die Verwerfung ist ein Aufschluß am Nordufer des Cassonetobel. Man gelangt dorthin, wenn man den Pfad benützt, der von dem Dorfe Bré oder von Aldesago aus

[1] S. diese Arbeit S. 601.
[2] Vgl. Frech, Gebirgsbau der Alpen, S. 275.

nach Cureggia führt. Auf der Abb. 11 kommt der Aufschluß etwa dorthin zu liegen, wo die zirka N 30° W streichende Verwerfungslinie die nördliche Kartengrenze trifft. Die kristallinen Schiefer erscheinen hier nischen- oder keilartig hineingepreßt in den Conchodondolomit (vgl. Taf. XIV Abb. 1). Der Conchodondolomit ist stark verwittert, schmutzig braun gefärbt und wie es sich erwarten läßt, stark gequetscht.

Sehr viel Ähnlichkeit mit diesem Aufschluß hat ein anderer, der durch die Bergbahn geschaffen wurde. Die Lage dieser Stelle ist auf der Karte durch einen nach Osten einspringenden Winkel der Bruchlinien bezeichnet. Am Scheitelpunkt des Winkels beginnt der Tunneleingang. Nach den freundlichen Mitteilungen des Herrn Ingenieur Maggi, dem die Bauleitung der Bergbahn anvertraut war, liegen sämtliche Fundamente der Bergbahn bis zum Tunneleingang in stark zerquetschten kristallinen Schiefern. Auf der Südseite des Bergbahneinschnittes hat man von unten nach oben folgendes Profil: Zunächst stehen gut erhaltene zirka 80° nach Süden einfallende Liasschichten an (Aufschluß Nr. 15 Abb. 11). Vor dem Tunneleingang trifft man auf sehr zerquetschte Schichten, die von der Verwitterung stark angegriffen sind. Das Merkwürdigste ist nun, daß hier kein Kalk, sondern Dolomit ansteht. Dieser Dolomit darf nicht als ein Klemmstück aufgefaßt werden, der etwa vom Conchodondolomit her zum Kontakt mit dem Lias heraufgebracht wurde, sondern ist selbst dem Lias zuzurechnen. Dafür spricht die Tatsache, daß trotz der starken Zertrümmerung noch eine Spur von Schichtung erkannt werden kann, die parallel zu dem Streichen der Liaskalke läuft. Unter dem Dolomit sieht man über der Treppe der Bergbahn (Taf. XIV Abb. 2) einen hellen schmalen Streifen kristalliner Schiefer. Dieser Streifen reicht von der sechsten Stufe der Treppe bis zur sechzehnten (von unten nach oben gezählt).

Auf der andern Seite des Bahneinschnittes ist der Bau komplizierter. Man trifft hier auf noch viel stärker zertrümmertes Gestein. Profil Abb. 7 gibt die Ansicht im Schema. Es ist eine wechselnde Reihenfolge von kristallinem Material mit dolomitischem. Die Verwitterung ist schon weit vorgeschritten; der Aufschluß ist von Schutt so stark überdeckt, daß die Grenzen zwischen den einzelnen Gliedern im Profil nicht genau festzulegen sind. Die Herkunft des kristallinen Materials ist nicht in allen Fällen, auch nicht im Dünnschliff, mit Sicherheit zu erkennen. Man kann



nur sagen, daß es sich um einen Mylonit handelt, der aus einem Quarzkonglomerat (Verrucano) oder aus Quarzit von kristallinen Schiefern hervorgegangen sein kann. Interessant ist auch das Vorkommen von Bleiglanz im Dolomit (Abb. 7). Das Alter des Dolomites ist nicht zu bestimmen. Es ist möglich, daß er dem Muschelkalk, Hauptdolomit oder Conchodondolomit angehört. Es ist aber auch möglich, daß es sich um eine sekundäre Dolomiti-

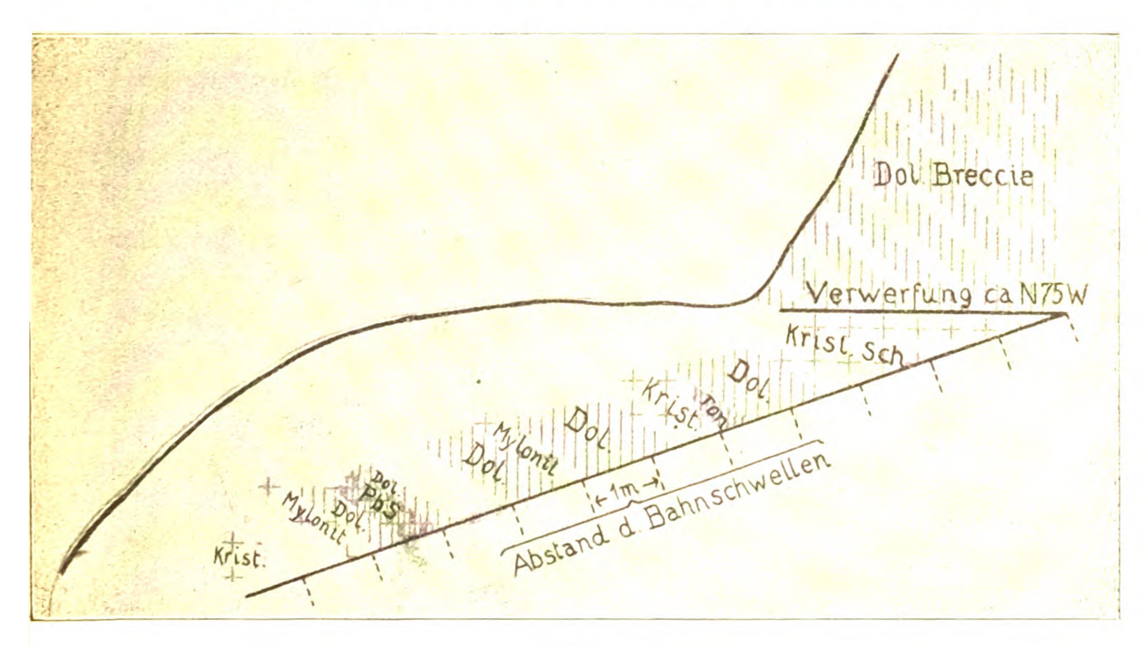


Abb. 7.

sierung handelt; dafür spricht das Vorkommen von Bleiglanz, dessen Entstehung man durch juveniles Wasser erklären kann. Wie weit hierbei auch eine Dolomitisierung stattgefunden hat, ist bei der tektonisch stark gestörten Lagerung nicht festzustellen. Jenseits des Bruches, der, wie auf dem Profil Abb. 7 vermerkt ist, N 75° W streicht, steht eine Dolomitbrekzie an, auf die weiter nach Norden hin der Liaskalk folgt. Die Bruchlinie auf der Nordseite des Bahneinschnittes ist nicht weiter zu verfolgen; Schutt vom Bahnbau herrührend, bedeckt vollständig den Untergrund. Die ganze Erscheinung ist aufzufassen, als ein Keil kristalliner Schiefer vermengt mit Dolomit vielleicht auch mit Verrucano, der in den Liaskalk hineingepreßt wurde. Harnische, von denen im zweiten Teil vorliegender Arbeit zu sprechen ist, geben weitere Anhaltspunkte über die Entstehung dieses Keiles.

5. Der Verwerfungswinkel bei Melano am Südostarm des Luganer Sees.

Es mag vielleicht auffällig erscheinen, daß im Süden von Lugano der Hauptquerbruch auf der BISTRAMschen Karte einen verhältnismäßig geradlinigen Verlauf nimmt. Dies hängt wohl zum größten Teil damit zusammen, daß BISTRAM als topographische Grundlage die auf den Maßstab 1:50000 vergrößerte italienische Karte 1:100000 gewählt hat. Das Kärtchen Abb. 8 dieser Arbeit zeigt, daß der Hauptbruch auch hier in einer sehr charakteristischen Weise verläuft. Die Bruchlinie bildet östlich von Melano einen mit der Spitze nach Süden gerichteten Winkel. Auf der Westseite dieser Spitze ist der Hauptsprung deutlich aufgeschlossen und fällt mit zirka 50° nach Westen ein. Auf der Ostseite schneidet der Hauptsprung schräg das Gehänge des Viganale; ein Beweis, daß der Sprung nach Osten einfällt. Auch im Tale der Sovaglia schneidet der Hauptbruch schräg das Gehänge; auch hier fällt die Verwerfung nach Osten ein.

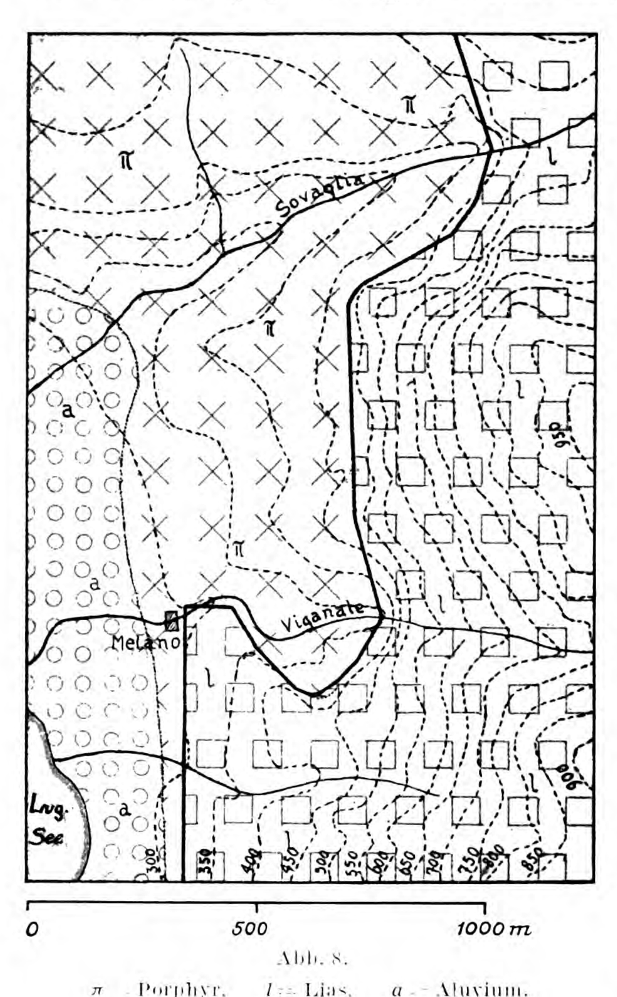


Abb. 8.
π = Porphyr, l = Lias, a = Aluvium.

6. Ergebnisse.

1. Der Hauptlängssprung ist stellenweise als **Flexur** ausgebildet.



2. Der Hauptquerbruch besitzt an drei Stellen ein östliches Einfallen von etwa 70°. Es ist daher die Annahme berechtigt, daß der Hauptquerbruch in seinem gesamten Verlaufe nach Osten einfällt.

3. Die Sprunghöhe beträgt für den Hauptlängsbruch mindestens 4000 m. Die Sedimenttafel innerhalb des Winkels beider Hauptbruchlinien erscheint also gegenüber dem Norden um etwa 4000 m, gegenüber dem Westen um mindestens 2000 m abgesunken.

4. Ein Merkmal des Hauptquerbruches ist der winkelige Verlauf, von dem einige Einzelheiten genauer beschrieben worden sind.

5. Das nördliche Ende der Luganer Hauptquerverwerfung kann als Staffelbruch gedeutet werden.

6. Der Monte Bré baut sich aus einer unsymmetrischen Mulde auf, die von keiner Verwerfung durchsetzt wird.

7. Die größere Verbreitung des Hauptdolomites auf der Bistramschen Karte im Gegensatz zu der Ausdehnung des Muschelkalkes nach den Kartierungen von Repossi konnte durch neue Beobachtungen bestätigt werden.

C. Der Faltenbau.

Überblickt man das Gebiet zwischen Luganer- und Comosee auf der Karte von Repossi, dann kann man zwei Zonen unterscheiden; eine nördliche Zone, vorwiegend aus Dolomiten der Trias bestehend, und eine südliche, die sich der Hauptsache nach aus den Kalken des Jura aufbaut. In der nördlichen Zone sind fast alle Schichten steil bis zur saigeren Stellung aufgerichtet und streichen zu einem großen Teil parallel mit dem Hauptlängsbruch.

Die Schichten in der südlichen Zone besitzen dagegen eine verhältnismäßig flache Lagerung. Die erste Synklinale, auf welche man beim Vorrücken von Norden nach Süden trifft, ist die Bolgiamulde, die auf der Karte von Bistram durch den eigenartigen Verlauf eines schmalen Bandes von Conchodondolomit gekennzeichnet wird. Zwischen 800 und 1200 m Höhe zieht sich dieser Streifen am Westhange des Monte Bolgia bis zum Pian da Scagno; von dort aus wendet er sich parallel zum Streichen der Mulde allmählich an Höhe verlierend ohne Bruch nach S. Mamette hin. Da nun aber die Schichten am Westhange des Monte Boglia bis

etwa östlich von Ligaino Südfallen besitzten, so kann das hohe Anstehen des Conchodondolomites an dieser Stelle und sein gänzliches Fehlen an dem Seeufer zwischen Gandria und San Mamette nur dadurch erklärt werden, daß sich die Muldenachse nach dem See hin neigt, also ungefähr in der Richtung N 120° O. Dies stimmt sehr gut mit den Beobachtungen vom Monte Bré überein, wie bereits früher (S. 557) dargelegt wurde.

Auch dort ist das hohe Anstehen des Conchodondolomites in der Nähe des Hauptquerbruches und das Fehlen desselben Horizontes am Seeufer vermerkt. Ein Bruch senkrecht oder in irgend einem Winkel zur Muldenachse ist um so weniger anzunehmen, als auch die Grenze zwischen Conchodondolomit und Lias östlich von Ruvigliana aus etwa 450 m Höhe allmählich auf 275 m am Seeufer östlich Castagnola fällt. Damit gewinnt die erste auf S. 557 ausgesprochene Vermutung sehr an Wahrscheinlichkeit. Die Achsen der erwähnten Mulden und Sättel senken sich im Osten der Luganer Hauptverwerfung in SSO-Richtung in die Tiefe.

Die Fortsetzung des Conchodondolomitstreifens ist im Osten von San Mamette auf der Karte von Repossi zu verfolgen. Der Streifen nimmt um den Monte Galbiga herum einen halbkreisförmigen Verlauf und deutet damit an, daß hier die Bogliamulde eine weite napfförmige Gestalt angenommen hat. Die Mulde ist hier viel weniger stark zusammengepreßt, als weiter im Westen an der Hauptverwerfung. Unter den nordwestlich fallenden Schichten tauchen am Ufer des Comersees Contortaschichten und Hauptdolomit hervor.

Bei Sala am Lago di Como sieht man die Schichten des Conchodondolomites plötzlich steil in die Tiefe schießen. Repossi zeichnet in seinem Profil D einen Sattel bei Sala ein, dessen Südflügel sogar überkippt erscheint. Nicht weit von Lanzo d'Intelvi entfernt, bei Ramponio, erscheint der Conchodondolomit auf den Lias überschoben. „Sotto Ramponio si ha una frattura parallela alla prima (gemeint ist die Verwerfung Val Mara—Argegno) ma probilamente molto limitata, alla quale risponde verso Est la brusca piega tra Colonno e Sala." Repossi spricht hier zwar nur von einer Verwerfung (bei wörtlicher Übersetzung), in seinem Profil II hat er dagegen eine allerdings steile Überschiebungsfläche[1] eingezeichnet. Zweifellos handelt es sich um eine Fort-

[1] Der Bruch kann auch nicht aus einer Ferxur durch stärkere Absenkung hervorgegangen sein, denn es fehlt in dem von Repossi gezeichneten Profil

setzung des Sattels bei Sala. Dieser Sattel muß dann auch in Verbindung gebracht werden mit der Antiklinale im Cassonetobel. Hier ist das gleiche Profil zu sehen wie am Comersee; flachliegender Nordschenkel und steilstehender Südschenkel. Ein weiterer Beweis für die Richtigkeit dieser Auffassung ist eben die Tatsache, daß die Linie Cassone—Ramponio—Sala genau parallel läuft zur Achse der Bogliamulde. Der Streifen Conchodondolomit, der uns bis Sala geführt hat, läßt sich auf dem anderen Ufer des Comersees bis in die südwestliche Alta Brianza hineinverfolgen. Nach den Profilen von C. SCHMIDT[1] ist die Fortsetzung der Brémulde in der Synklinale des Monte San Primo und Monte Gerbal zu suchen.

Im Süden des Cassonesattels und seiner Fortsetzung in der Richtung Ramponio—Sala steht, wenn ich von dem Vorkommen bei Castagnola[2] absehe, kein Conchodondolomit mehr an. Damit gewinnt das steile Absinken des Südflügels im Gegensatz zu der viel flacheren Lagerung der Schichten in der Bogliamulde den Charakter einer Flexur. Man muß also beim Weiterschreiten von Norden nach Süden bei der Linie Cassone—Ramponio—Sala eine tektonische Stufe hinabsteigen, deren Sprunghöhe nicht sehr bedeutend ist. Ebenso unbedeutend ist die dritte Stufe, die durch die Linie Val Mara—Argegno bezeichnet wird. Noch weiter nach Süden treffen wir nach den REPOSSIschen Profilen auf eine sehr intensive Faltung. Am Rande der Poebene endlich schießen die Schichten steil in die Tiefe. Diese Absenkung zwischen Gebirge und Ebene kann man ebenfalls als Flexur auffassen, deren Sprunghöhe nur mit jener der Hauptlängsverwerfung zu vergleichen ist.

Zusammenfassung.

Das untersuchte Gebiet trägt die Merkmale eines Faltengebirges. Die Mulde des Monte Boglia ist bis an das westliche Ufer des Comersees zu verfolgen; der Cassonesattel und die Brémulde bis in die Alta-Brianza hinein.

der nach unten geschleppte und dabei gerissene Mittelschenkel. Die Überschiebungsfläche ist offenbar im Scheitel des Sattels aufgerissen.

[1] Zur Geologie der Alta Brianza. Extrait du Compte rendu du Congrès géologique international. 6e Session 1894, Zürich.

[2] Dieses Vorkommen wird durch die Neigung der Muldenachse erklärt.

D. Der Schollenbau und seine Beziehung zur Faltung.

Nach Bistram (lit. 11 S. 70) sind „die Längsstörungen die natürliche Folge der Gebirgsbildung in ihrer einfachsten Form der Kettenbildung und stellen gewissermaßen nur verschiedene Phasen oder Erscheinungsformen der Auffaltung dar, indem der Druck, der in zu dem Streichen der Auffaltung senkrechter Richtung wirkte, in verschiedener Form seine Auslösung fand.“ Es müßte danach der Hauptlängsbruch parallel zu den Falten streichen. Nun ist ja auf S. 561 festgestellt worden, daß dies für einen großen Teil der Schichten des Hauptdolomits zutrifft. Für die Achsen der Boglia- und der Brémulde und für ihre Fortsetzungen nach Osten hin ist aber diese Übereinstimmung nicht vorhanden. Die Falten nördlich der Val Mara—Argegno-Linie streichen N 60° W. Das westliche Ende des Hauptlängsbruches bildet mit diesem Faltenstreichen einen Winkel von etwa 50°. In ihrem mittleren Stück streicht die Störungslinie in O-W-Richtung. Nur für ein kurzes Stück am Comersee ist ein Parallelismus zwischen Falten und Bruch festzustellen. Wenn man aber außerdem noch den gewaltigen Betrag der Absenkung von 4000 m berücksichtigt, dann ist meiner Ansicht nach bewiesen, daß die von Bistram vertretene Auffassung nicht zutreffen kann. Der Hauptlängsbruch ist vielmehr eine echte Verwerfung, die vollkommen unabhängig von der Faltung, in ihrer ersten Anlage sehr wahrscheinlich als Flexur ausgebildet wurde. Ebenso muß der Querbruch auf Grund der auf S. 560 zusammengestellten Ergebnisse als echte Verwerfung angesprochen werden, die, wohl zweifellos, gleichzeitig mit der Längsverwerfung entstanden sein muß. Damit sind aber zwei gebirgsbildende Vorgänge geschieden, die nicht gleichzeitig, sondern nur nacheinander stattgefunden haben können; und zwar erfolgte zuerst die Absenkung und dann die Faltung, welche sich in ganz besonderer Weise an der Hauptquerverwerfung äußern mußte. Es entstanden die ein- und ausspringenden Winkel zwischen Grundgebirge und Sedimenten und die eingepreßten Keile von kristallinem Material in dem Conchodondolomit und Lias, wie es oben (S. 556–560) beschrieben worden ist. Der umgekehrte Fall, daß die Absenkung nach der Faltung stattfand, ist natürlich nicht möglich, denn dann müßte zu beiden Seiten der Luganer Hauptverwerfung der gleiche tektonische Bau vorhanden sein. Es wird damit die Ansicht bestätigt, die Frech

(lit. 25) bereits 1908 ausgesprochen hat: zur „altmiozänen Zeit werden an Hebungsbrüchen die Schollen emporgezerrt. Nur in den Außenzonen der Etschbucht und des lombardischen Seengebirges entstehen wahrscheinlich etwas später Faltungen." Den Vorgang mit Hebung zu bezeichnen, ist treffender, als wie mit Senkung. Man kann zwar nie den absoluten Sinn einer Bewegung ermitteln, sondern nur den relativen. Wenn man aber von dem Meeresniveau ausgeht, es als feststehend betrachtet, dann ist „das Vorland der lombardischen Alpen, das Kreideflysch- und Tertiärhügelland gar nicht eingesunken, sondern nur weniger gehoben als die Kalkalpen" (RASSMUSS, lit. 49). Von dieser Vorstellung aus, besonders wenn es sich wirklich um eine Bewegung vom Erdmittelpunkt weghandeln würde, dürfte allerdings die von TILMAN (lit. 71) vertretene Auffassung nicht mehr zu halten sein. Davon abgesehen glaube ich nicht, daß die so charakteristischen Faltungserscheinungen in der Hauptsache durch Senkungsvorgänge und unter Mitwirkung eines von Norden kommenden Druckes erklärt werden können.

Ein weiteres Eingehen auf die gebirgsbildenden Kräfte ist nur bei der Berücksichtigung eines größeren Gebietes als wie in vorliegender Arbeit angängig.

II. TEIL.

Über Harnische.[1]

A. Allgemeines.

1. Die Daten des Harnischs.

Nach SPITZ (lit. 61 S. 48) kann man unterscheiden:

I. Die Daten der Kluftfläche.
 a) Die Fallrichtung (und damit ohne weiteres eindeutig das Streichen).
 b) Den Fallwinkel der Kluft.

II. Die Daten der Harnischstreifen.
 c) Die Fallrichtung.
 d) Den Fallwinkel der Harnischstreifen.

III. Die Daten der Schollenbewegung.
 e) Die relative Bewegungsrichtung der einzelnen Schollen.
 f) Das Maß der gegenseitigen Verschiebung.

Für die Bezeichnung „Fallrichtung der Harnischstreifen" oder „Fallwinkel der Harnischstreifen" sollen im folgenden die Worte „Streifenfallrichtung und Streifenfallwinkel" gebraucht werden.

Die Streifenfallrichtung ist die Himmelsrichtung, nach welcher der Streifen einfällt.

Der Streifenfallwinkel ist der Winkel, den ein Streifen auf der Harnischfläche mit seiner Projektion auf die horizontale Ebene bildet.

[1] Eine ausführliche, referierende Zusammenstellung der Literatur über Harnische findet sich bei SALOMON (lit. 58) und besonders bei RÖHRER, Geol. Untersuchungen der Beziehungen zwischen den Gesteinsspalten, der Tektonik und dem hydrographischen Netz im nördlichen Schwarzwald und südlichen Kraichgau. Jahresberichte u. Mitteilungen des Oberrhein. geol. Ver., Bd. 6, 1916, S. 62ff. u. 78ff.

Durch Streifenfallwinkel und Streifenfallrichtung ist die Richtung, längs welcher die Bewegung eines Massenteilchens im Raume erfolgt ist, festgelegt.

Der relative Verstellungssinn (A. Heim, lit. 31 S. 243) oder der relative Sinn der Bewegung (Salomon lit. 58, S. 513) gibt die Richtung an, nach welcher sich die eine von zwei Schollen bewegt hat, wenn man die andere als feststehend betrachtet.

Das Maß der gegenseitigen Verschiebung an irgendeiner Bruchfläche wird nach Margerie und Heim[1] und nach Wilkens[2] „im Profil, d. h. auf einer senkrecht zur Schubfläche stehenden Ebene gemessen". Damit erhält man aber nicht das wahre Ausmaß der Bewegung, denn es „verbindet sich mit einem vertikalen Absinken bei der Bruchbildung oft auch eine horizontale Verschiebung"[2]. Die „wahre Sprunghöhe" oder besser die „wahre Schubgröße" nenne ich die auf einem Harnischstreifen gemessene Entfernung zweier Punkte, die sich vor der Bewegung deckten.

2. Einteilung der Harnische.

Bei der Beschreibung der verschiedenen Harnischtypen kann man unterscheiden zwischen der allgemeinen Form und Ausbildung der Harnischfläche an sich und dem Grade der Glättung und Politur.

a) Form und Ausbildung der Harnischfläche.

1. Der Stufenharnisch ist ausgezeichnet durch treppenförmige Absätze und Stufen, an denen man den relativen Sinn der Bewegung sehr leicht ablesen kann. Die Stufen entstehen wahrscheinlich bei einem ersten Ruck. Das Gestein zerreißt, wie es ein schematisches Profil senkrecht zur Harnischfläche und parallel mit einem Rutschstreifen in Abb. 9 I darstellt. Die Bewegung möge nun in einem Stadium, wie es Abb. 9 II andeutet, zum Stillstand kommen. Die entstandenen Hohlräume (in Abb. 9 II schwarz gezeichnet) werden im Kalkgebirge schon nach kurzer Zeit mit Kalzit ausgefüllt. Wenn nun z. B. beim Abbau im Steinbruch

[1] Margerie und Heim, Die Dislokationen der Erdrinde, Zürich 1888, S. 17/19. Das Ausmaß der Bewegung kann außerdem in einer horizontalen Ebene gemessen werden: „Horizontalsprungweite und Seitenverschiebung."

[2] Grundzüge der tektonischen Geologie. Fischer, Jena 1912, S. 23.

die auf diese Weise wieder verkittete Harnischfläche aufgebrochen und freigelegt wird, dann bleibt in der Regel ein Teil des Kalzitausgusses an der hangenden und an der liegenden Scholle haften. Die Harnischstufen selbst sind nicht mehr sichtbar; sie sind unter dem Kalkspatbelag verborgen. Trotzdem ist der relative Verstellungssinn in allen Fällen durch die beim Abbau entstandenen Kalzitstufen eindeutig festgelegt.

In einem andern Falle möge die wahre Schubgröße einen Betrag erreichen, wie sie Abb. 9 III angibt, wobei die Bewegung gleichzeitig unter einer Pressung stattgefunden haben soll, die in einer zur Harnischfläche senkrechten Richtung wirkte. Die Stufenkante bleibt dann nicht mehr in ihrer eckigen Form bestehen; sie wird abgebrochen und rund geschliffen (Abb. 9 IV). Dauert die Verschiebung noch länger an, so können die Stufen so stark abgeschliffen werden, daß der relative Verstellungssinn nur nach dem Gefühl[1] zu bestimmen ist. Die wahre Schubhöhe der scharf ausgeprägten Stufenharnische erreicht also nur einen sehr geringen Betrag, es sei denn, daß gleich nach der Bildung der Stufen ein breites Klaffen der Spalte eingetreten ist.

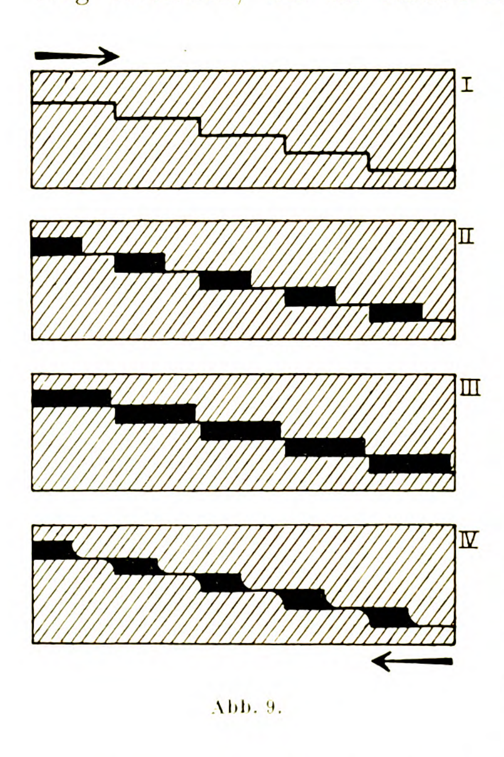


Abb. 9.

2. Der Hohlkehlenharnisch. Die vermutlich erste Beschreibung dieser Ausbildungsform ist in der Säntismonographie Heims zu finden. Dort wird zwar nur von Hohlkehle gesprochen; es dürfte sich aber empfehlen, um eine Verwechslung mit glazialen Schrammen zu vermeiden, das Wort Hohlkehlenharnisch einzuführen. Die Mitarbeiterin A. Heims, Marie Jerosch (A. Heim lit. 31) gibt von diesem Typus folgende Beschreibung: ,,War die

[1] Vgl. die referierende Zusammenstellung der auf S. 566 zitierten Röhrerschen Arbeit. ,,Gleitet man mit der Hand über die Harnischfläche hin, so soll die Richtung, nach der hin die Fläche sich rauher anfühlt, die Verschiebungsrichtung des Gebirgsteiles sein, dem sie angehört" (Höfer, lit. 31).

Bewegung eine sehr mächtige und hielt sie auf längere Strecken hin einigermaßen gleichmäßig an, so konnten bei leidlich homogenem Material Schrammen von solchen Dimensionen eingeschürft werden, daß für sie der Name Hohlkehle am bezeichnendsten ist. Dies sind flache Rinnen, deren Tiefe und Breite in ihrem ganzen Verlauf bemerkenswert konstant bleiben; es lassen sich einige bis zu 50 m Länge, mehreren Metern Breite und 1 m Tiefe der Aushöhlung schätzen. Die Wandung ist stets geglättet, seltener sogar mit feinen gleichlaufenden Rutschstreifen versehen."

Neben diesen beiden Haupttypen gibt es noch viele Harnische, denen man eigentlich kein bestimmtes Charaktermerkmal zuschreiben kann. Sie können entweder vollkommen eben oder aber auch mehr oder weniger stark verbogen und unregelmäßig gewellt sein. Der relative Bewegungssinn kann bei ihnen nicht ermittelt werden. Die Stufen sind entweder durch eine größere Bewegung abgeschliffen worden oder infolge besonderer petrographischer Beschaffenheit oder besonderer Druckverhältnisse schon bei der Entstehung der Bruchfläche überhaupt nicht zur Ausbildung gekommen. Diesen Typus möchte ich, um gegebenenfalls eine unbequeme Beschreibung zu vermeiden, mit dem Namen

3. „Gemeiner Harnisch" belegen.

b) Glätte und Politur der Harnischfläsche.

1. Harnischstufen (im Gegensatz zum Stufenharnisch) können gegenüber der allgemeinen Ausbildung und Form der Harnischfläche so klein und unbedeutend werden, daß sie nur mit dem Gefühl oder mit der Lupe zu erkennen sind; man kann sie deswegen auch als eine Art der Glätte und Politur auffassen. Harnischstufen finden sich im tonigen Kalkstein (z. B. Lias) sehr häufig und bedeuten offenbar eine Bewegung von nur wenigen Millimetern.

2. Harnischstreifen sind feine nur wenige Millimeter tiefe Rinnen und Furchen, die aber auch so dünn und schwach werden können, daß sie nur noch im spiegelnden Licht zu sehen sind. Diese letzte Ausbildungsform nähert sich schon der Spiegelglätte. Die Streifen sind hauptsächlich am Stufenharnisch zu beobachten; sie können aber auch den gemeinen Harnisch und den Hohlkehlenharnisch überziehen. Die Entstehung der Harnischstreifen ist von der Gesteinsbeschaffenheit und dem Druck abhängig. So

werden z. B. in einem verkieselten Sandstein bei viel größerer Pressung senkrecht zur Bruchfläche und bei größerem Ausmaß der Bewegung noch Harnischstreifen entstehen als wie im tonigen Kalk.

3. Spiegelglätte ist da zu finden, wo die Verschiebung unter starkem seitlichen Druck erfolgte, aber auch lange genug anhielt, oder „wo feine Mergel an irgend einem härteren Gestein gerieben wurden" (A. Heim, lit. 31). Man findet die Spiegelglätte auf Hohlkehlen, auf Klemm- und Schleppstücken und auch an Verschiebungen, bei denen die wahre Schubhöhe nachweislich einen geringen Betrag erreicht hat. Mit der Lupe erkennt man oft eine feine Riefung entweder in einer Richtung oder zu verschiedenen Systemen gruppiert. Die regellos sich kreuzenden Rutschstreifen sind wahrscheinlich dadurch entstanden, daß ein ruckweises Scheuern der einen Scholle auf der andern in verschiedenen Richtungen stattgefunden hat. Daß derartige Bewegungen möglich sind, beweist das von Eduard Suess auf der Naturforscherversammlung in Wien 1892 vorgelegte „Erdbebenautogramm" (vgl. Beck, Lehre von den Erzlagerstätten, 2. Aufl., 1913, S. 159).

Was Marie Jerosch (lit. 31, S. 239ff.) als „Scherglättung" bezeichnet, scheint nur ein geringerer Grad von Spiegelglätte zu sein: „sie bringt die gewöhnliche Glätte hervor an Bruchwänden, Klemm- und Schleppstücken oder an Teilen der Kluftfüllung, die sich aneinander verschoben haben; sie schleift auch die kleinste Unebenheit ab; sie bedeckt die Scherwände oft auf große Flächen hin und findet sich besonders schön an charakteristischen rundlich vorgewölbten, schwachkonvexen, großen Buckeln, die an der Bruchwand sehr oft an Stelle der streng ebenen Scherfläche treten. Sie ist am schönsten, wenn recht hartes Gestein in beiden Bruchflügeln aneinander vorbei geschleift wurde."

Fassen wir kurz zusammen:

Nach der Flächenform kann man unterscheiden:

1. Stufenharnische mit kleiner wahrer Schubgröße.

2. Gemeine Harnische mit meistens größerem Ausmaß der Bewegung.

3. Hohlkehlenharnische mit sehr großem Ausmaß der Bewegung.

Nach dem Grade der Politur:

1. Harnischstufen.
2. Harnischstreifen.
3. Spiegelglätte.

Zwischen diesen Typen gibt es natürlich keine scharfen Grenzen, sondern allmähliche Übergänge. Die Mannigfaltigkeit wird vor allen Dingen auch dadurch erhöht, daß die Typen miteinander in Kombination treten können, d. h. daß jede Flächenform einen beliebigen Grad der Politur annehmen kann.

In meinem Untersuchungsgebiet habe ich fast nur Harnische von geringer wahrer Schubgröße gemessen. Trotzdem die Hauptverwerfung an einigen Stellen ganz vorzüglich aufgeschlossen ist, habe ich jedoch in keinem einzigen Fall Rutschstreifen an ihr beobachtet, da Streifen und Glättung bereits verwittert waren. Damit gingen mir aber gerade die tektonisch bedeutungsvollsten Harnische verloren. In mehr als der Hälfte der von mir beobachteten Fälle war der relative Bewegungssinn an den Stufen der Harnische erkennbar. Eine kleine Zahl versuchte ich als Harnische mit einem etwas größeren Ausmaß der Bewegung, das aber bei weitem nicht an das der Hohlkehlenharnische heranreicht, auszuscheiden. Es zeigte sich aber im Verlaufe der Untersuchung, daß sich auch jene Harnische nicht im geringsten aus der Masse der übrigen herausheben. Auch die übrigen Harnische, an denen der relative Bewegungssinn nicht abzulesen war, sind solche von geringer wahrer Schubgröße.

Noch einmal möchte ich den Unterschied zwischen dem Beobachtungsmaterial der Säntismonographie und dieser Arbeit hervorheben. In jener Abhandlung sind zur Lösung tektonischer Probleme Harnische auf Bruchflächen verwertet worden, die einen so hohen Betrag der Verschiebung aufweisen, daß der relative Bewegungssinn nur aus dem Abstoßen ungleicher Schichten nachzuweisen war. Diese waren daher mit Leichtigkeit in die Karte in 1 : 25000 einzutragen. Die in vorliegender Arbeit verwerteten Harnische haben eine wahre Schubgröße von nur wenigen Zentimetern.

3. Verbreitung und Erhaltung der Harnische.

Die Verbreitung und Erhaltung hängt natürlich in erster Linie von der Natur der Aufschlüsse ab. Die meisten und besten Messungen habe ich in den zahlreichen Steinbrüchen und Straßen-

einschnitten in der nächsten Umgebung von Lugano machen können. Schwieriger gestaltete sich die Aufnahme in dem übrigen Teil des Gebietes, wo künstliche Aufschlüsse fehlen; dort kann man nur in den Bachrissen eine kleinere Zahl von Harnischen erhoffen. Die Rutschstreifen sind dann natürlich viel schlechter erhalten als in den Steinbrüchen und nur in wenigen Fällen ist der relative Bewegungssinn abzulesen. Auch am Monte San Salvatore habe ich nur in den Steinbrüchen Messungen vornehmen können.

Ich muß daher die Rutschstreifen als äußerst zarte Gebilde bezeichnen, die sehr rasch der Verwitterung anheimfallen. Dieser Tatsache steht die Beobachtung von Marie Jerosch (lit. 31) entgegen. „Alles in allem genommen wird unser Erstaunen immer wieder erweckt darüber, wie gut diese Erscheinungen an den allen Unbilden des Wetters ausgesetzten Wänden sich erhalten konnten." Es ist schwer diesen Widerspruch aufzuklären; denn es handelt sich um Gebiete mit ganz verschiedener Tektonik und verschiedenem Gesteinsmaterial.

In dem Untersuchungsgebiet dieser Arbeit kann man im großen ganzen drei petrographisch verschiedene Materialien unterscheiden: 1. Tonige Kalke (Lias und Contortaschichten), 2. Dolomite (Muschelkalk, ein Teil der Raiblerschichten, Hauptdolomit, Conchodondolomit), und 3. Sandstein (Verrucano).

Kein Gestein ist reicher an Harnischen als der Lias. In einzelnen Steinbrüchen konnte ich bis 30 ja sogar bis 60 Harnische messen. Jede Schichtfläche hat Rutschstreifen. Der relative Bewegungssinn ist nirgendwo klarer und deutlicher abzulesen als im Lias. Man findet hier vorwiegend Stufenharnische.

Im Dolomit und Sandstein hat sich die Zahl der Harnische ganz bedeutend verringert. Dagegen läßt sich die Ausdehnung eines Harnischs fast immer auf einer viel größeren Fläche verfolgen als wie im Lias. Damit ist aber noch nicht erwiesen, daß es sich um einen kausalen Zusammenhang zwischen der Duktilität des Materials und der Größe der mit Rutschstreifen bedeckten Fläche handelt. Vielmehr könnte die Erklärung auch im Steinbruchbetrieb zu suchen sein. Der Lias ist ganz vorzüglich geschichtet und infolgedessen erfolgt der Abbau in kleinen von Schichtfugen und Harnisch herausgeschnittenen Blöcken. Von den Rutschstreifen werden daher nur kleine Stücke freigelegt. Den Dolomit dagegen kann man beinahe als schichtungslos bezeichnen. Der Abbau erfolgt nur nach den Klüften, die in geringer Zahl



vorhanden sind und daher das Gestein in große Blöcke zerschneiden. Es werden dadurch große Flächen freigelegt, die zuweilen mit Rutschstreifen bedeckt sind. Wir dürfen daher nicht ohne weiteres aus der Größe der Harnischfläche auf die Bedeutung der stattgefundenen Bewegung schließen.

Über den Sandstein kann ich nichts bestimmtes aussagen, da der Salvatoresteinbruch der einzige künstliche Aufschluß im Verrucano ist, in dem ich Messungen vornehmen konnte. Auch hier läßt sich die Ausdehnung der Rutschstreifen über große Flächen verfolgen. Die Zahl der Harnische scheint größer zu sein, als im Dolomit, geringer als im Lias.

Dieses Beobachtungsmaterial gestattet wegen seiner Lückenhaftigkeit keine Stellungnahme zu der von HERRMANN[1] ausgesprochenen Vermutung: „Die Entfernung der Druckklüfte im Felsuntergrund ein und derselben Gegend scheint abhängig zu sein von der Korngröße des Gesteins."

Der Erhaltungszustand ist im Dolomit am schlechtesten; die Harnische fallen sehr rasch der Verwitterung anheim. Die von Kalzit ausgegossenen Stufen und Riefen, wie sie im Lias vorkommen, fehlen fast vollständig; Stufenharnische sind selten. Am häufigsten sind gemeine Harnische.

Infolge der petrographischen Beschaffenheit sind die Rutschstreifen im Verrucano am dauerhaftesten. Dies ist vielleicht auch einer der Gründe, weshalb im Verrucano die Zahl der Harnische größer zu sein scheint als im Dolomit. Auch im Sandstein sind Stufenharnische selten, häufiger gemeine Harnische mit guter Politur.

Rutschstreifen auf der Schicht können wir im klotzigen Dolomit nicht beobachten, da wir ja seine Schichtung meist überhaupt nur aus der Ferne erkennen. Im Sandstein dienen bei den Bewegungen parallel den Schichtflächen die dazwischen gelagerten Tone als Schmiermittel und Gleitflächen. In den Tonen sind aber Rutschstreifen nicht haltbar.

Zwischen Tektonik und Verbreitung der Harnische ist eine ziemlich selbstverständliche Beziehung festzustellen. Im Odenwald, Pfälzerwald und in den Vogesen zusammengenommen,

[1] Steinbruchindustrie und Steinbruchgeologie. Bornträger, Berlin 1899, S. 103.

wurden von Lind (lit. 39), Dinu (lit. 19) und Engstler (lit. 24) etwa genau so viel Rutschstreifen gemessen, wie ich in dem kleinen Untersuchungsgebiet bei Lugano zählen konnte. Die Zahl der Harnische im Tafelgebirge ist verschwindend gering gegenüber ihrer Anzahl im Faltengebirge.

B. Schematische Darstellung von Klüften und Harnischen.

Bei der Kartierung der Klüfte und Harnische konnte man sich solange der von Salomon (lit. 58) vorgeschlagenen Methode der Darstellung bedienen, solange die Zahl der gemachten Messungen in Anbetracht der Größe des Untersuchungsgebietes derart gering blieb, wie in den zitierten Arbeiten von Lind (lit. 39), Dinu (lit. 19) und Engstler (lit. 24). Eine solche Methode wird auch dann immer am Platze sein, wenn es sich darum handelt, nach einer detaillierten Darlegung der Beobachtungen im Text die wichtigsten Resultate dem ersten Blick auf die Karte unmittelbar zugänglich zu machen.

Die Salomonsche Methode ist kurz folgende. Eine gemeine Kluft wird durch eine kurze Strecke, die in der Streichrichtung gezeichnet ist, dargestellt. Der Fallwinkel und die Fallrichtung der Kluft wird durch einen senkrecht zur Strecke angesetzten Pfeil ausgedrückt. Die Streifenfallrichtung wird durch einen parallel zur Streichrichtung der Kluft fliegenden Pfeil angedeutet, der Streifenfallwinkel durch die Entfernung dieses Pfeilkopfes vom Mittelpunkt der Strecke.

Diese dem Tafelgebirge angepaßte Darstellungsmethode konnte nicht auf das Faltengebirge übertragen werden. Dort befinden sich in einem Aufschluß oft 20—30 Harnische, die sich in einem Punkt vereinigen würden. In einem solchen Falle könnte man nach der Salomonschen Methode nur das Maximum vieler einzelner Harnische zum Ausdruck bringen. Man muß sich aber dann dem Vorwurf entziehen, das Resultat durch eine allzu große Schematisierung zu seinen Gunsten gefärbt zu haben. Diesem Einwand kann dadurch begegnet werden, daß der Beweis auf Grund einer zahlenmäßigen Angabe jeder einzelnen Messung und einer vielseitigen statistischen Ausrechnung, die man durch graphische Darstellungen illustriert, geführt wird. Dies war im wesentlichen die Arbeitsmethode von Lind (lit. 39), Dinu (lit. 19), Engstler (lit. 24). Damit ist aber ein Nachteil verknüpft. Der Überblick über das

gesamte Material geht verloren. Der Wunsch, diesem Übelstande abzuhelfen, hat Spitz (lit. 61 S. 48—57) veranlaßt, „ein Schema zu suchen, das einerseits als Beobachtungsarchiv die Messungen in graphischer Darstellung aufnimmt, andererseits auch möglichst übersichtlich die Zusammengehörigkeit der einzelnen beobachteten Erscheinungen oder ihre Unabhängigkeit voneinander vor Augen zu führen." Die von Spitz ausgearbeitete Methode ist nur für das Tafelgebirge bestimmt und in diesem gewiß mit Erfolg zu benützen. Für das Faltengebirge ist sie aber ebenfalls ungeeignet, weil dort die Klüfte unter allen beliebigen Winkeln einfallen können. Auf der Spitzschen Tafel ist es z. B. nicht möglich, flach und horizontal liegende gleichzeitig neben senkrecht stehenden Flächen auf ein und derselben „Schemaebene" einzutragen (lit. 61 S. 50). Auch ist die Bewegungsrichtung mit dieser Methode nur unvollkommen darzustellen; der Streifenwinkel kann nur schätzungsweise entnommen werden.

1. Die Methode der stereographischen Projektion.

Bei der Suche nach einem brauchbaren Schema verfiel ich auf die stereographische Projektion, die unter Anwendung des Wulffschen Netzes neben einer übersichtlichen Darstellung auch noch den Vorteil in sich vereinigt, eines der vier Elemente des Harnischs (nämlich Fallrichtung und Fallen der Kluft, Streifenfallrichtung und Streifenfallwinkel) aus drei gegebenen ausrechnen zu können[1]. Es kann natürlich nicht meine Aufgabe sein, die Ausführung und Beweise der stereographischen Projektion darzulegen. Ich möchte sie vielmehr nur mit kurzen Worten charakterisieren, um den Unterschied zwischen der Methode, wie sie in der Mineralogie üblich ist, mit einer neuen Methode unter Anwendung der Falllinie auseinander zu setzen.

Bei einem Harnisch interessiert uns in erster Linie die Richtung, in welcher sich ein Massenteilchen bewegt hat. Die Bewegungsrichtung wird, wie ich auf S. 567 gezeigt habe, durch Streifenfallwinkel und Streifenfallrichtung festgelegt. Fallen und

[1] Spitz (lit. 61) erreicht dies mit besonders konstruierten Lagerungstafeln. Engstler (lit. 24) hat die Umrechnung seiner eigenen Harnischmessungen und der Messungen von Lind (lit. 39) und Dinu (lit. 19) mit Hilfe des Wulffschen Netzes ausgeführt.

Streichen einer Kluft und Streifenfallwinkel[1] sind in fast allen Fällen leicht meßbar. Für die Streifenfallrichtung trifft dies nicht zu. Man denke nur an eine steil geneigte Fläche mit Rutschstreifen und versuche die Streifenfallrichtung durch visieren längs der Kompaßkante von oben nach unten abzulesen. Man wird hierbei den größten Schwierigkeiten begegnen. Keine Messung wird ein annähernd richtiges Resultat ergeben. Allein schon aus Zeitersparnis wird man bei der Feldaufnahme wohl meist auf die Messung der Streifenfallrichtung verzichten und sich mit einer rohen Angabe dieser Richtung begnügen müssen. Die Ausrechnung der Streifenfallrichtung aus Streichen, Fallen der Kluft und Streifenfallwinkel kann auf mathematischem Wege geschehen. Viel rascher gelangt man mit Hilfe des Wulffschen Netzes zum gleichen Ziel. Eine derartige Methode wird zwar niemals an die Exaktheit einer mathematischen Lösung heranreichen können. Es ist aber von vornherein unmöglich, die Lage eines Harnischs mit mathematischer Genauigkeit im Felde zu messen. Die Harnischfläche ist uneben oder mehr oder weniger stark gebogen; man muß sich dann mit dem Abschätzen des Generalstreichens und -fallens begnügen. Es kann auch der Fall vorkommen, daß nur ein kleines Stück einer Kluft beobachtet werden kann, während der größere Anteil im Gebirge verborgen eine Richtungsänderung erleidet. Solche und gewiß auch noch viele andere Umstände, die hier nicht näher erörtert werden sollen, können eine Fehlergrenze von 5—10°, ja noch mehr veranlassen. Demgegenüber erscheint der andere Fehler[2], der durch die stereographische Umrechnung hinzutritt, verschwindend klein. Dann ist zu bedenken, daß ein einzelner Harnisch niemals berechtigt, Schlüsse auf die Tektonik zu ziehen. Es kommt hier nur auf eine Massenwirkung an, d. h. nur dann, wenn viele Harnische immer wieder die gleiche Bewegungsrichtung zeigen, nur dann kann eine Regel aufgestellt werden. Die Fehler bei den einzelnen Beobachtungen und bei der Umrechnung werden sich durch das Zusammenwirken vieler einzelner Harnische aufheben.

[1] Den Streifenfallwinkel mißt man, indem man die Längskante des Kompasses auf den Streifen aufsetzt und den Anschlag am Klinometer abliest.

[2] Nach Boeke, Anwendung d. Stereogr. Projektion (Bornträger 1911) „ist mit dem üblichen Wulffschen Netz von 20 cm Durchmesser und mit einer Entfernung der Teilkreise um 2° eine Genauigkeit von $^1/_2$° (nach den Angaben von Wulff) leicht erreichbar.“

Bei der stereographischen Projektion denkt man sich die Fläche, die zur Darstellung gelangen soll, durch den Mittelpunkt der Kugel gelegt. Die Zeichenebene ist die Äquatorialebene. Das Auge des Beschauers sei — wie es für den vorliegenden Fall am geeignetsten ist — im Nadir aufgestellt. Der Sehstrahl nach dem Schnittpunkt der oberen Normalen der Fläche mit der Kugeloberfläche durchbohrt die Zeichenebene in einem Punkt, durch den die Lage der Fläche im Raume symbolisiert ist. Die Projektion kann auch vom Zenith aus durchgeführt werden. Hierbei würde jedoch bei Verwendung der unteren Normalen das Symbol einer Fläche, die z. B. nach Osten einfällt, auf dem westlichen Teil der Zeichenebene liegen, wodurch ein sicheres Ablesen der Himmelsrichtungen sehr erschwert würde.

Eine ausgedehnte Anwendung der stereographischen Projektion zur Berechnung und Darstellung der Harnische wird vor allen Dingen dadurch ermöglicht, daß man sich nicht der Normalen sondern der Fallinie der Flächen bedient. Auch hierbei denkt man sich die Kluft durch den Mittelpunkt der Kugel gelegt. Der Sehstrahl vom Zenith nach dem Schnittpunkt der Fallinie der Kluftfläche mit der Kugeloberfläche durchbohrt die Zeichenebene in einem Punkt, durch den die Lage der Kluft im Raume symbolisiert ist.

a) Darstellung mittelst Fallinie.

Alle Flächen, welche durch den Mittelpunkt gelegt werden, schneiden auf der Kugeloberfläche größte Kreise aus, die sog. Großkreise. Diejenigen Großkreise, welche die NS-Linie der Abb. 10 zum Durchmesser haben, erscheinen in dem Wulffschen Netz gewissermaßen als Meridiane. Da man nun jederzeit das Wulffsche Netz und die Äquatorebene meiner Abb. 10 gedreht denken kann, kann man jede durch den Mittelpunkt der Kugel gehende Fläche als Meridian auf dem Wulffschen Netz darstellen. Die geometrischen Orte aller Geraden von gleichem Einfallen also auch der Fallinien, sind in Abb. 10 die Kreise parallel zur Äquatorebene; diese Kleinkreise oder auch Parallelkreise erscheinen in der Zeichenebene als konzentrische Kreise zum Mittelpunkt.

Das Wulffsche Netz bringt ebenfalls Kleinkreise, die aber in meiner Abb. 10 als Parallelkreise zu der Zenith-O-Nadir-W-Fläche aufzufassen wären. Diese Parallelkreise haben für die Dar-

stellung der Harnische und Klüfte keinen Wert. Als Grundlage wäre am vorteilhaftesten ein Netz zu verwenden, das außer den Meridianen des WULFFschen Netzes nur noch konzentrische Kreise um den Mittelpunkt enthielte. Wegen der hohen Kosten war es mir aber nicht möglich, ein derartiges Netz zu konstruieren und dieser Arbeit beizugeben. Auch kann man sich mit dem WULFFschen Netz ohne jede Abänderung behelfen. Die beiden senkrecht aufeinander stehenden Durchmesser enthalten ja die gleiche Einteilung, wie sie auch durch die Parallelkreise um den Mittelpunkt erzeugt würden. Durch die Drehung der Schablone um den Mittelpunkt kann man mit jedem Punkt der Durchmesser den entsprechenden Punkt auf einem Parallelkreis aufsuchen. Bei meinen Untersuchungen habe ich es aber als das Praktischste gefunden, die Parallelkreise um den Mittelpunkt in das WULFFsche Netz mit Tusche einzuzeichnen.

α) Gemeine Klüfte.

In Abb. 10 hat die Fläche ANBS ein nordsüdliches Streichen; sie fällt etwa 60° W. Die Fallinie AB durchbohrt die Kugel bei B. Der Seestrahl vom Zenith aus nach dem Punkt B trifft die Zeichenebene im Punkte B′. B′ ist der Projektionsort der Fläche. Der Seestrahl von Nadir aus nach A trifft die Zeichenebene in A′. Man könnte ebensogut A′ als Projektionsort der Fläche nehmen. Es ist aber natürlich empfehlenswert, sich nur mit einem einzigen Projektionsort zu begnügen. Man wird daher das Auge immer nur im Zenith aufgestellt denken; dann fällt das Symbol in die Fallrichtung der Fläche. Also: Die Fläche ANBS fällt nach Westen. Der Projektionsort (B′) liegt westlich vom Mittelpunkt der Zeichenebene. Die Folge dieser Art der Darstellung ist: alle flachliegenden Flächen fallen nach außen gegen den Äquator hin; saigerstehende Klüfte liegen im Mittelpunkt. Den Projektionsort einer Kluftfläche mit oder ohne Harnischstreifen nenne ich den „Kluftpunkt“ zum Unterschied von dem „Streifenpunkt“, dessen Erklärung erst weiter unten (S. 579) gegeben wird. Bei der praktischen Ausführung überspannt man das WULFFsche Netz, das drehbar um den Mittelpunkt aufgestellt ist, mit einem durchsichtigen Papier. Man dreht die Schablone bezw. die NS-Linie unter der Pause in die Streichrichtung der Kluft und sucht den Schnittpunkt der OW-Linie mit dem

Großkreis, der dem Fallwinkel der Fläche entspricht. Durch diesen Punkt ist dann die Lage der Kluft im Raume symbolisiert. Jeder Punkt auf der Pause entspricht einer Fläche von ganz bestimmtem Streichen und Fallen. Die Fallrichtung einer Kluft ist angegeben durch den Winkel, den die NS-Linie mit dem nach dem Symbol der Kluft gezogenen Radius bildet; damit ist auch das Streichen gegeben. Der Fallwinkel ist ausgedrückt durch die Entfernung des Symboles vom Mittelpunkt.

β) Harnische.

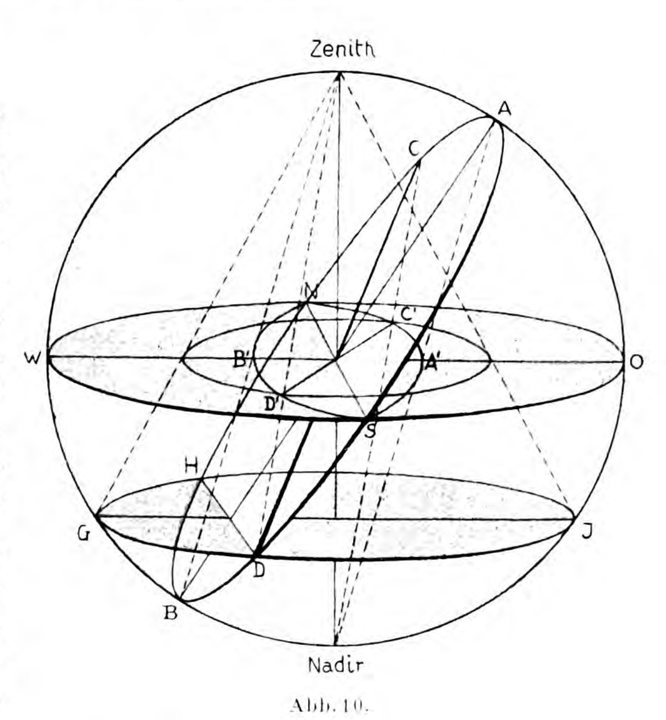


Abb. 10.

Gegeben sind Streichen und Fallen der Kluft und Streifenfallwinkel. Gesucht ist die Streifenfallrichtung. Der Harnischstreifen CD (s. Abb. 10) durchbohrt die Kugel in D. D liegt als ein Punkt der Fläche ANBS auf dem größten Kreis, den die Harnischfläche ausschneidet. D liegt aber auch auf dem Parallelkreis DGHJ, der der geometrische Ort ist für alle Geraden, welche den gleichen Fallwinkel wie der Streifen CD besitzen. D liegt also auf dem Schnittpunkt des Großkreises ANBS mit dem Kleinkreis GHJD. Es kommen nach Abb. 10 zwei Schnittpunkte in Betracht, D und H. Da man aber schon bei der Feldaufnahme die Streifenfallrichtung roh angegeben hat, kann nur der Punkt D die Lage des Harnisches bezeichnen. Durch den Punkt D′ wird der Harnischstreifen symbolisiert; ich nenne ihn den „Streifenpunkt". Die Lösung der Aufgabe mit Hilfe des Wulffschen Netzes wird auf folgende Weise ausgeführt. Man dreht die NS-Linie bezw. die Schablone unter der Pause in die Streichrichtung des Harnisches. Dann sucht man den Schnittpunkt des Großkreises, der dem Fallen

der Kluft entspricht, mit dem Kleinkreis, der dem Fallen des Streifens entspricht. Der Kleinkreis schneidet den Großkreis in 2 Punkten. Es kann aber, wie bereits oben dargelegt, nur 1 Punkt, nämlich D′ in Frage kommen. Die Richtung des Radius nach dem gefundenen Punkt ist die gesuchte Streifenfallrichtung.

Folgende Grenzfälle sind zu beachten. Horizontale Streifen fallen auf den äußersten Kreis, vertikale in den Mittelpunkt des Netzes.

Bisher ist gezeigt worden, daß die Lage einer geologischen Fläche und eines Harnischstreifens im Raume durch Punkte in der Zeichenebene symbolisiert sind. Nur in dem Grenzfall, wenn nämlich der Harnischstreifen parallel der Fallinie der Kluft verläuft, fallen Kluftpunkt und Streifenpunkt in der Zeichenebene zusammen. Man könnte nun Tafeln zeichnen, in denen die Kluft- und Streifenpunkte durch verschiedene Signaturen etwa Kreise und Kreuze bezeichnet sind, aus deren Anordnung die Streifenfallrichtung und der Streifenfallwinkel und das Fallen und Streichen der Harnischflächen zu entnehmen wäre. Bei einer derartigen Methode ist aber ein Nachteil vorhanden; der relative Bewegungssinn kann nicht abgelesen werden. Aus diesem Grunde bezeichnet man einen Harnisch am besten durch den Schnittpunkt zweier Linien; eine Gerade in der Streifenfallrichtung oder Streifenstrecke[1] und eine Gerade in der Streichrichtung der Kluft oder Kluftstrecke. Der relative Bewegungssinn wird durch Pfeile angedeutet, die in geeigneter Weise an die Streifenstrecke gesetzt werden (vgl. den folgenden Abschnitt 2).

Je nachdem man nun von dem Streifenpunkt oder dem Kluftpunkt ausgeht, sind 2 Fälle möglich; entweder man will die Bewegungsrichtung der Massenteilchen in den Vordergrund stellen, oder man interessiert sich für die Frage, wo liegt das Maximum der Klüfte und in welcher Weise ändert sich mit dem Streichen der Klüfte die Streifenfallrichtung.

Der erste Fall ist dargestellt auf der Tafel XV[2] Fig. 1, Segm. a, Fig. 2—4 u. 7—14, welche ich Streifentafeln nennen möchte. Ihre Konstruktion erfolgt auf folgende Weise. Man zieht durch den Streifenpunkt (in Abb. 10 D′) ein Teilstück des Radius und eine

[1] Nach Spitz (lit. 61) Harnischstrecke.

[2] Auf Tafel XV sind die kreisförmigen Netze mit Fig. 1—14 bezeichnet zum Unterschied von der Numerierung der Abbildungen im Text mit Abb. 1—12.

Parallele zum Streichen der Kluft. Aus einem derartigen Symbol kann man die Streifenfallrichtung und den Streifenfallwinkel zahlenmäßig ablesen; das Streichen der Kluft kann nur durch Anlegen eines Winkelmessers an die Kluftstrecke entnommen werden; das Fallen der Kluft kann bei dieser Darstellungsweise nicht näher ermittelt werden; es kann entweder größer oder gleich dem Streifenfallwinkel sein.

Der zweite Fall ist dargestellt in der Tafel XV Fig. 1, Segm. b und Fig. 5 u. 6, den Klufttafeln. Man zieht durch den Kluftpunkt (in Abb. 10 B′) eine Parallele zum Streichen der Kluft und eine Parallele zur Streifenfallrichtung. Zahlenmäßig kann man aus diesen Tabellen ablesen: das Streichen und das Fallen der Kluft; die Streifenfallrichtung nur durch Anlegen eines Winkelmessers. Der Streifenfallwinkel ist entweder gleich dem Kluftfallen oder kleiner.

Beide Darstellungsmethoden, wie sie hiermit im allgemeinen gekennzeichnet sind, haben ihre besondere Bedeutung. Auf eine Streifentafel können viele Harnischstreifen zusammengestellt werden und aus ihrer Lage und Anordnung ist auf den ersten Blick gegebenenfalls ein Maximum in der Bewegungsrichtung zu erkennen. Über die Orientierung der Klüfte in ihrer Gesamtheit läßt sich auf diese Weise noch nichts aussagen. Zu diesem Zweck muß von denselben Harnischen die Klufttafel gezeichnet werden. Jetzt erst wird das Maximum in der Anordnung der Klüfte im Raume ersichtlich. Eventuell kann auch festgestellt werden, in welcher Weise mit einer Änderung des Kluftstreichens eine Änderung oder Konstanz der Streifenfallrichtung statt hat. Kluft- und Streifentafel ergänzen sich.

b) Darstellung mittelst Normalen.

Diese Projektion ist identisch mit der, welche in der Mineralogie allgemein üblich ist. Bei ihr fallen die Symbole aller horizontalen Flächen in den Mittelpunkt der Schablone, während diejenigen aller vertikalen Flächen auf den äußersten Kreis, den Äquator zu liegen kommen. Hat man also in seinem Beobachtungsmaterial vorwiegend steile Klüfte, dann wird man diese Methode der unter a) beschriebenen vorziehen. Allerdings können mit dieser Methode nur Klufttafeln hergestellt werden, denn die Berührungspunkte einer Fläche mit der Kugel fällt zusammen mit dem Be-

rührungspunkt eines Harnischstreifens in derselben Fläche. Der Projektionsort der Fläche hat daher die gleiche Lage wie der Projektionsort des Harnischstreifens. Wir können also nur die Lage einer geologischen Fläche in der Zeichenebene fixieren und nicht die Lage einer Linie in dieser Fläche (ausgenommen die Fall- und die Streichlinie). Es muß daher zuerst die Streifenfallrichtung nach der auf Seite 579 beschriebenen Methode errechnet werden. Dann sucht man den Kluftpunkt der Harnischfläche mittels Normale und zieht durch ihn eine Parallele zum Streichen der Rutschfläche und eine Parallele zur Streifenfallrichtung. Aus solchen Tafeln (vgl. Taf. XV Fig. 1, Segment c und Taf. XV Fig. 6) kann man zahlenmäßig genau Streichen und Fallen der Klüfte ablesen; die Streifenfallrichtung durch Anlegen eines Winkelmessers; der Streifenfallwinkel ist nicht zu erkennen.

2. Beispiele zur Anwendung der stereographischen Projektion.

Gemeine Klüfte bezeichnet man am besten durch einen kleinen Kreis; die Lage eines Harnisches durch den Schnittpunkt der Streifenstrecke (eine Strecke parallel der Streifenfallrichtung) mit der Kluftstrecke (eine Strecke parallel dem Kluftstreichen).

Der Winkel der von diesen beiden Linien eingeschlossen wird, ist die Projektion des Winkels zwischen Streichen der Kluft und Rutschstreifen in der Harnischfläche auf die horizontale Ebene. Harnische auf Schichtflächen sind auf Tafel XV punktiert gezeichnet; größere Harnischflächen sind dick, kleinere dünn ausgezogen. Die Fig. 1 enthält die verschiedenen Methoden der Darstellung.

a) Darstellung mittelst Fallinie. (Vgl. S. 577.)

α) Streifentafeln (Taf. XV Fig. 1, Segment a).

Beispiel 1.

Kluftstreichen	N 20° O
Kluftfallen.	40° W
Streifenfallwinkel . .	40° W

Die Harnischstreifen laufen parallel mit der Fallinie der Kluft. Infolgedessen ist der Kluftpunkt auch gleichzeitig Streifenpunkt. Die Streifenstrecke steht senkrecht auf der Kluftstrecke. Die Streifenfallrichtung beträgt demnach N 70° W.

Beispiel 2.

Kluftstreichen	N 20° O
Kluftfallen (nicht dargestellt[1])	40° W
Streifenfallwinkel	35° N

Das gleiche Kluftstreichen und Fallen, wie in Beispiel 1. Der Streifenfallwinkel ist kleiner. Es fällt daher der Kluftpunkt nicht mehr mit dem Streifenpunkt zusammen. Die Streifenfallrichtung, die auf die oben angegebene Weise gewonnen werden kann, beträgt N 37° W. Der Winkel zwischen Kluftstrecke und Streifenstrecke ist kleiner als ein rechter geworden. Der Streifenpunkt ist etwas weiter nach außen gerückt als im Beispiel 1.

Beispiel 3. Wieder das gleiche Kluftstreichen und Fallen, wie in den vorhergegangenen Beispielen. Der Streifenfallwinkel ist noch flacher geworden 10° N. Infolgedessen fällt der Streifenpunkt sehr nahe an die Peripherie. Die Streifenfallrichtung beträgt N 8° O. In den Beispielen 1, 2 und 3 ist der relative Bewegungssinn nicht angegeben. Es fehlen daher die Pfeile und die Streifenstrecke ist zentrifugal und zentripetal ausgezogen.

Beispiel 4.

Kluftstreichen	N 20° O
Kluftfallen (nicht dargestellt)	40° W
Streifenfallwinkel	0°

Der Streifenfallwinkel ist gleich Null geworden. Die Lage des Streifenpunktes kann hier nicht mehr durch den Schnitt von Streifenstrecke und Kluftstrecke bezeichnet werden, da die beiden Richtungen zusammenfallen. In diesem Falle zieht man um den Streifenpunkt herum einen kleinen Kreis.

[1] Wie aus den theoretischen Darlegungen auf S. 101 hervorgeht, ist immer eines der vier „Elemente" des Harnischs (im Beispiel 2 das Kluftfallen) aus den Tafeln nicht zu entnehmen, es sei denn mit Hilfe des Wulffschen Netzes, wobei man einfach den umgekehrten Weg wie bei ihrer Konstruktion einzuschlagen hat. Um diese wichtige Tatsache dem Leser immer vor Augen zu halten, sei es nun das Kluftfallen bei den Streifentafeln oder der Streifenfallwinkel bei den Klufttafeln, füge ich bei den einzelnen Beispielen die Bemerkung „nicht dargestellt" an.

Beispiel 5. Eine Überschiebung.

Kluftstreichen . . . . N 30° O
Kluftfallen (nicht dargestellt) . . . . 55° W
Streifenfallwinkel . . . . 48° N

Daraus ergibt sich:

Streifenfallrichtung . . . . N 21° W

Man kann niemals den absoluten, immer nur den relativen Bewegungssinn feststellen. Für eine schematische Darstellung ist es daher am vorteilhaftesten, wenn man immer die in bezug auf die Störungsfläche liegende Scholle als feststehend annimmt. Bei dem Wort Überschiebung oder bei dem Wort Verwerfung denkt man ja auch stillschweigend nur an eine Bewegung der hangenden Scholle. Bei einer Überschiebungsfläche, die durch den Mittelpunkt der Kugel gelegt ist, erfolgt die Bewegung eines Massenteilchens der hangenden Scholle in der unteren Hälfte der Kugel von ihrer Peripherie her entlang einem Harnischstreifen gegen den Mittelpunkt hin. Ist also für das Beispiel 5 der Streifenpunkt gefunden, dann wird die Überschiebung ausgedrückt durch einen Pfeil, der gegen den Mittelpunkt hinfliegt. Die Streifenstrecke hat nur halbe Länge. Sie wird nach der zentripetalen Seite hin ausgezogen.

Beispiel 6.

Kluftstreichen . . . . N 76° O
Kluftfallen (nicht dargestellt) . . . . 24° N
Streifenfallwinkel . . . . 18° W

Daraus ergibt sich:

Streifenfallrichtung . . . . N 57° W

Die Signatur für eine Verwerfung ergibt sich aus der Umkehrung des vorhergehenden Beispieles. Die hangende Scholle bewegt sich abwärts. Der Pfeil fliegt zentrifugal. Die Streifenstrecke ist halblang und liegt vom Streifenpunkt nach außen.

Beispiel 7.

Eine Querverschiebung: Die NO-Scholle hat sich nach SO bewegt.

Kluftstreichen . . . . N 46° W
Kluftfallen (nicht dargestellt) . . . . 80° N
Streifenfallwinkel . . . . 10° O

Daraus ergibt sich:

Streifenfallrichtung . . . . N 46° W

Man benützt hier die gleiche Signatur wie in Beispiel 4. Der relative Bewegungssinn wird durch Halbpfeile ausgedrückt.

Beispiel 8.

Eine Verwerfung: Die NO-Scholle hat sich gesenkt.

Kluftstreichen	N 60° W
Kluftfallen	90°
Streifenfallwinkel	90°

Die Streifenfallrichtung kann in diesem Falle nicht wie in den obigen Beispielen ausgedrückt werden; die Bewegungsrichtung ist genau vertikal. Kluftpunkt und Streifenpunkt fallen in den Mittelpunkt. Die Streifenstrecke erscheint als Punkt. Ein Pfeil, der den relativen Bewegungssinn ausdrücken soll, ist nicht anzubringen. Man hilft sich dann auf die Weise, daß man jene Scholle, welche sich relativ gehoben hat, mit einem Halbkreis bezeichnet. War kein relativer Bewegungssinn festzustellen, dann trägt man nur die Kluftstrecke ein und verzichtet auf jeden Kreis.

β) Klufttafel
(vgl. die theoretischen Darlegungen S. 580).

Geht man von der Projektion der Kluft selbst aus, also von dem Kluftpunkt (in Abb. 10 B′), so gelangt man zur Konstruktion der Klufttafeln. Die folgenden Beispiele beziehen sich auf das Segment b Taf. XV Fig. 1.

Beispiel 9.

Kluftstreichen	N 16° W
Kluftfallen	78° O
Streifenfallwinkel	78° O
Streifenfallrichtung	N 75° O

Kluftfallen und Streifenfallwinkel sind gleich groß. Streifenpunkt und Kluftpunkt fallen daher zusammen. Es besteht daher für diesen speziellen Fall kein Unterschied zwischen Kluft- und Streifentafel (vgl. Beisp. 1).

Beispiel 10.

Kluftstreichen	N 20° W
Kluftfallen	44° O
Streifenfallwinkel (nicht dargestellt) .	32° O
Streifenfallrichtung	N 30° O

Der Streifenfallwinkel ist kleiner als das Kluftfallen. Die Streifenfallrichtung muß zuvor ausgerechnet sein; man sucht den Kluftpunkt, dreht einen Durchmesser des WULFFschen Netzes in die Streifenfallrichtung und zieht zu ihm eine Parallele durch den Kluftpunkt. Da kein relativer Bewegungssinn angegeben ist, werden im Beispiel 9 und 10 die Streifenstrecken auf ganze Länge durchgezogen.

Während in den Streifentafeln die Streifenstrecken als Radien und die Kluftstrecken in irgend einem Winkel zu diesen Radien erscheinen, tritt in den Klufttafeln, wie im Beispiel 10 zu sehen ist, eine gewisse Umkehrung ein. Die Kluftstrecke ist immer die Tangente an den Parallelkreis, der dem Einfallen der Kluft entspricht; oder mit anderen Worten die Fallrichtung der Kluft ist der Radius nach dem Kluftpunkt. Die Streifenstrecke kann jeden beliebigen Winkel mit der Kluftstrecke bilden, trifft also — im Gegensatz zur Darstellung auf den Streifentafeln — nur in dem Grenzfall den Mittelpunkt der Schemaebene, wenn der Harnischstreifen parallel dem Fallen der Kluft verläuft.

Beispiel 11. Eine Überschiebung.

Kluftstreichen	N 16° O
Kluftfallen	22° O
Streifenfallwinkel (nicht dargestellt) .	10° S
Streifenfallrichtung	N 9° W

Die Konstruktion erfolgt wie in Beispiel 10, nur mit dem Unterschied, daß die Streifenstrecke auf halbe Länge gesetzt ist. Der Pfeil wird ähnlich wie im Beispiel 5 auf der vom Kluftpunkt aus zentripetalen Seite angebracht, da es sich hier um eine Überschiebung handelt.

Beispiel 12. Eine Verwerfung.

Kluftstreichen	N 33° W
Kluftfallen	28° O
Streifenfallwinkel (nicht dargestellt) .	22° N
Streifenfallrichtung	N 25° O

Entsprechend dem Beispiel 6 fliegt der Pfeil zentrifugal.

Beispiel 13.

Eine Horizontalverschiebung: Die NW-Scholle hat sich nach SW bewegt.

Kluftstreichen	N 40° O
Kluftfallen	60° O
Streifenfallwinkel (nicht dargestellt)	0°
Streifenfallrichtung	N 40° O

Die Bewegung erfolgte parallel dem Streichen der Kluft. Die Streifenstrecke bildet die Tangente an den Parallelkreis, der dem Fallen der Kluft entspricht. Der relative Bewegungssinn wird durch Halbpfeile ausgedrückt.

Beispiel 8.

Das Symbol von Beispiel 8 kann auch als Symbol einer Klufttafel betrachtet werden. In der Streifentafel konnte man aus diesem Symbol sämtliche Daten des Harnischs ablesen. In der Klufttafel wird damit eine Kluft bezeichnet, die N 60° W streicht und senkrecht steht, und an welcher die NO-Scholle eine Absenkung erfahren hat. In welchem Winkel aber diese Absenkung erfolgt ist, ist aus der Klufttafel allein nicht zu ersehen.

Fassen wir nun kurz zusammen. Die Streifentafeln dienen dazu, die vorhandene Bewegungsrichtung festzustellen. Die Bewegungsrichtung setzt sich, wie schon auf S. 567 gesagt wurde, aus Streifenfallwinkel und Streifenfallrichtung zusammen. Je weiter der Streifenpunkt vom Mittelpunkt entfernt ist, desto kleiner ist der Streifenfallwinkel, desto flacher ist also die Bewegung erfolgt. Der Winkel, der von der NS-Linie und dem Radius nach dem Streifenpunkt eingeschlossen wird, gibt die Streifenfallrichtung. Aus der Lage der Streifenpunkte kann man sich also ein genaues Bild von der Bewegungsrichtung verschaffen. Weniger vollständig muß die Vorstellung bleiben, die man sich von der Orientierung der Klüfte an Hand dieser Tafel verschaffen kann. Die Kluftstrecke gibt zwar genau das Streichen an, aber über das Fallen der Kluft erfährt man nichts. Ausgenommen ist nur der Spezialfall, bei dem der Harnischstreifen parallel dem Fallen der Kluft läuft. Aus dem Winkel zwischen Kluftstrecke und Streifenstrecke kann man abschätzen, ob sich die Bewegung mehr einer Horizontalverschiebung einerseits oder einer Verwerfung oder Überschiebung anderseits genähert hat. Je kleiner dieser Winkel

und je flacher das Einfallen des Streifens, desto mehr wird aus einer Überschiebung oder Verwerfung eine Horizontalverschiebung.

An den Klufttafeln (Taf. XV Fig. 1 Segm. b) interessiert uns in erster Linie die Lage der Klüfte zueinander. Je weiter der Kluftpunkt vom Mittelpunkt entfernt ist, desto flacher fällt die Kluft ein. Der Radius nach dem Kluftpunkt gibt die Fallrichtung an, auf welcher die Kluftstrecke senkrecht steht. Die Verlängerung der Streifenstrecke trifft nur in dem einen Spezialfalle wie Beispiel 9, bei dem die Streifen parallel dem Fallen der Kluft laufen, den Mittelpunkt der Tafel. Das Streichen und Fallen der Klüfte ist in den Klufttafeln genau abzulesen. In den Streifenstrecken hat man Anhaltspunkte über die Streifenfallrichtung. Über die Streifenfallwinkel ist in diesen Tafeln nichts zu erfahren. Man sieht, diese beiden Methoden der Darstellung enthalten je eine Unbekannte. Kluft- und Streifentafeln müssen sich daher notwendigerweise ergänzen.

b) Darstellung mittelst Normale.

Diese Projektion schließt sich insofern an die unter β) S. 585 beschriebene Darstellung an, als man ebenfalls Klufttafeln erhält, die für vorwiegend steile Spalten und Harnische anzuwenden sind. (Vgl. Taf. XV Fig. 1, Segment c). Die Konstruktion dieser Tafeln erfolgt nach den Angaben auf S. 581.

Beispiel 14.

Kluftstreichen	N 50° W
Kluftfallen	42° S
Streifenfallwinkel (nicht dargestellt) .	42° S
Streifenfallrichtung	N 40° O

Beispiel 15.

Kluftstreichen	N 65° W
Kluftfallen	20° S
Streifenfallwinkel (nicht dargestellt) .	8° W
Streifenfallrichtung	N 88° W

Ein flacher Harnisch fällt bei dieser Methode in die Nähe des Mittelpunktes.

Verhandlungen des Naturhist.-Med. Vereins, Heidelberg. N. F. Bd. XIII.
SEITZ, O., Über die Tektonik der Luganer Alpen.



Abb. 1
Krist. Schiefer in Conchodondolomit eingepreßt bei Cureggia nördlich des Monte Bré.
Die krist. Schiefer stehen unter der weißen Linie an.

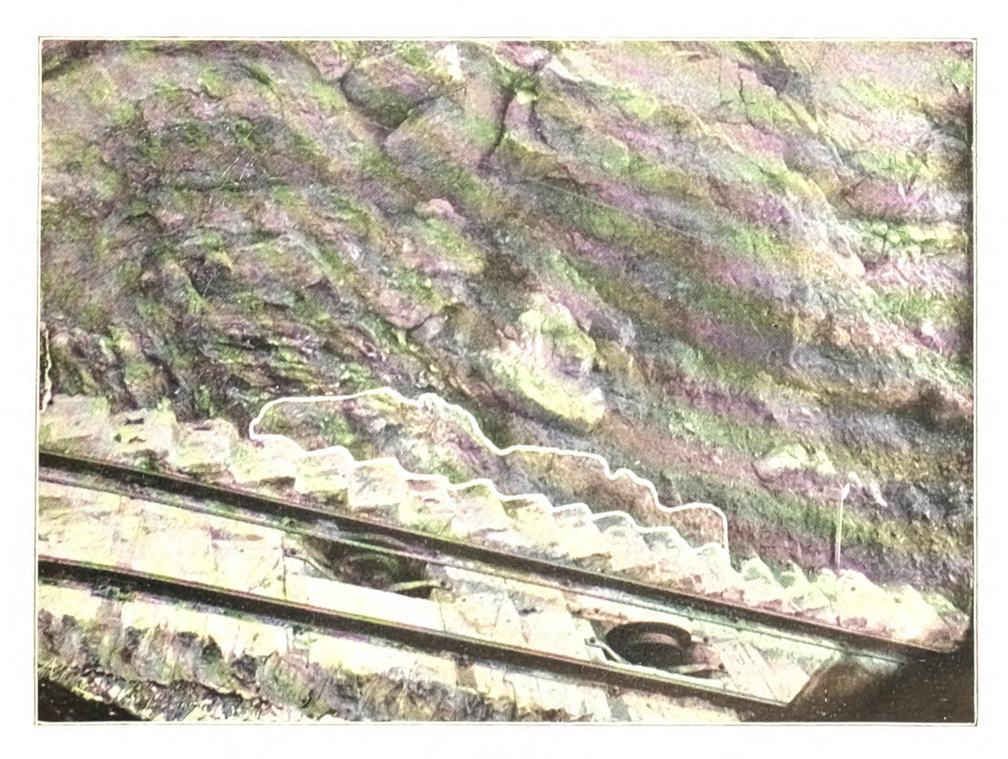


Abb. 2.
Krist. Schiefer in den Lias eingepreßt am Monte Bré bei Lugano.
Die krist. Schiefer sind von der weißen Linie umrahmt.

Carl Winters Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.



Beispiel 16. Eine Überschiebung.

Kluftstreichen	N 86° W
Kluftfallen	80° S
Streifenfallwinkel (nicht dargestellt) .	60° W
Streifenfallrichtung	N 76° O

Steile Harnische liegen außen. Der relative Bewegungssinn wird wie in den oben beschriebenen Beispielen dargestellt.

Beispiel 17. Eine Verwerfung.

Kluftstreichen	N 23° W
Kluftfallen	85° S
Streifenfallwinkel (nicht dargestellt) .	73° S
Streifenfallrichtung	N 8° W

Beispiel 18.

Eine Blattverschiebung: Die NO-Scholle hat sich nach SO bewegt.

Kluftstreichen	N 46° W
Kluftfallen	90°
Streifenfallwinkel (nicht dargestellt) .	0°
Streifenfallrichtung	N 46° W

C. Spezielle Untersuchungen.

Für die speziellen Untersuchungen waren nur die Harnische vom Monte Bré geeignet. Das übrige Material ist wegen des Mangels an künstlichen Aufschlüssen über ein zu großes Gebiet verbreitet, daher zu lückenhaft. Die Gründe, die bereits auf Seite 571 ff. erwähnt sind, spielen hierbei mit.

1. Übersichtskarte.

In der Übersichtskarte (Abb. 11) sind die einzelnen Aufschlüsse mit Kreisen bezeichnet und numeriert. Wenn man von dem Aufschluß No. 16 absieht, kann man 2 Gruppen von Aufschlüssen unterscheiden. Die eine Gruppe umfaßt die Aufschlüsse No. 1 bis 10 und die südliche Hälfte des Aufschlusses No. 15, der genau auf der Muldenachse liegt. Zu der zweiten Gruppe gehören die Aufschlüsse No. 11 bis 14 und No. 17 bis 21 und die nördliche

Hälfte des Aufschlusses No. 15. Die einzelnen Aufschlüsse innerhalb einer jeden Gruppe zeigen so viele übereinstimmende Merkmale, daß ich mich auf die Beschreibung einer typischen Tafel

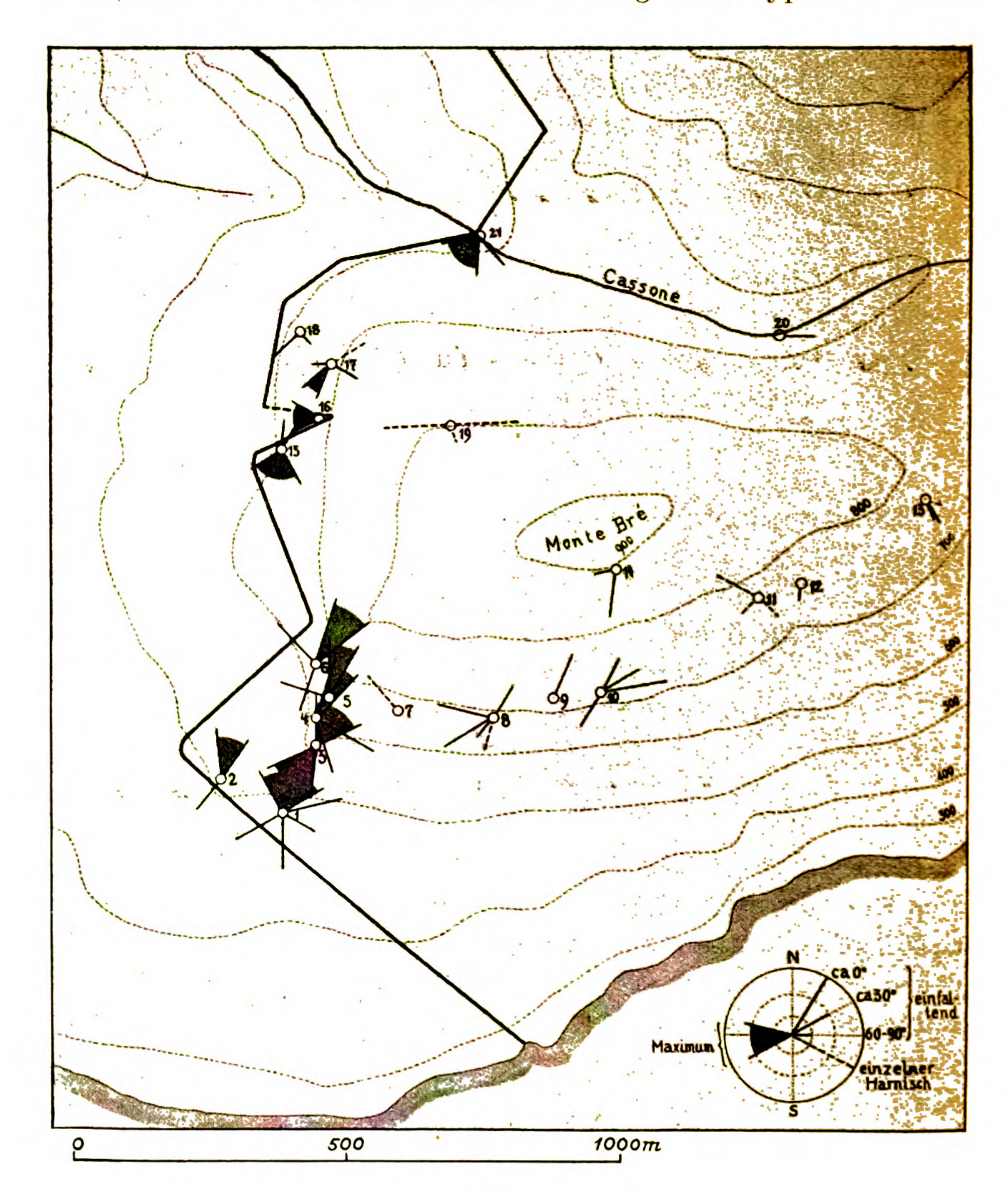


Abb. 11.

aus jeder dieser beiden Gruppen beschränken kann. Für die übrigen Aufschlüsse muß ich dann auf die Karte Abb. 11 verweisen.

Die Tafel XV Fig. 2 (Streifentafel) gehört zu dem Aufschluß No. 3. Äußerst markant ist hier das Maximum in der Bewegungs-

richtung; es liegt bei etwa N 30° O und fällt mit 30° nach Norden und nach Süden. Man wird Schwierigkeiten begegnen, wollte man versuchen, sich an Hand dieser Tafel eine Vorstellung über die Bewegungen zu verschaffen, welche in dem Aufschluß No. 3 stattgefunden haben.

Die Schichten fallen mit etwa 30° nach Norden und zwar haben parallel zu ihnen Verschiebungen in der Richtung nach Süden und Süd-Westen stattgefunden. Nebenher gehen eine Anzahl Überschiebungen mit mehr oder weniger steileinfallenden Dislokationsflächen. Aber nicht nur nach Süden, sondern auch nach Norden sind Überschiebungen aufgerissen, die den ersteren entgegenzuwirken scheinen. Zwischen diesen nach dem Mittelpunkt hinstrebenden Pfeilen gibt es andere, die zentrifugal fliegen und dadurch Verwerfungen symbolisieren. Damit aber noch nicht genug; Signaturen von Harnischen, an denen der relative Bewegungssinn nicht festgestellt werden konnte, scheinen das Bild noch mehr zu verwirren. Man sieht, auf diese Weise gelangt man zu keiner klaren Anschauung über den Bewegungsmechanismus. Nur das eine ist mit voller Sicherheit festzustellen; eine erdrückende Mehrheit der Symbole — ob sie nun Überschiebungen, Verwerfungen oder Blattverschiebungen vorstellen — liegen mehr oder weniger senkrecht zur N 60° W streichenden Muldenachse. Damit ist ein ursächlicher Zusammenhang zwischen Harnischen und Faltung gegeben.

Diese Beziehung läßt sich nun in einer Übersichtskarte schematisch sehr leicht zum Ausdruck bringen. Ich habe hierbei auf alles Überflüssige, z. B. die Darstellung des relativen Bewegungssinnes, der auf andere Weise weiter unten erörtert werden soll, verzichtet und mich auf die grobe Eintragung des Maximums der Streifenfallrichtung und des Streifenfallwinkels beschränkt. Die notwendige Unterlage zur Konstruktion der Übersichtskarte (Abb. 11) lieferten mir die Streifentafeln[1] von sämtlichen Harnischen in den Aufschlüssen des Monte Bré. Und zwar habe ich folgende Methode angewandt. Die Harnischstreifen von bestimmter Länge werden stereographisch in die Horizontalebene projeziert. Dann gibt die Länge der Projektion den Streifenfallwinkel an (vgl. die Legende der Karte Abb. 11). Gleichzeitig ist durch

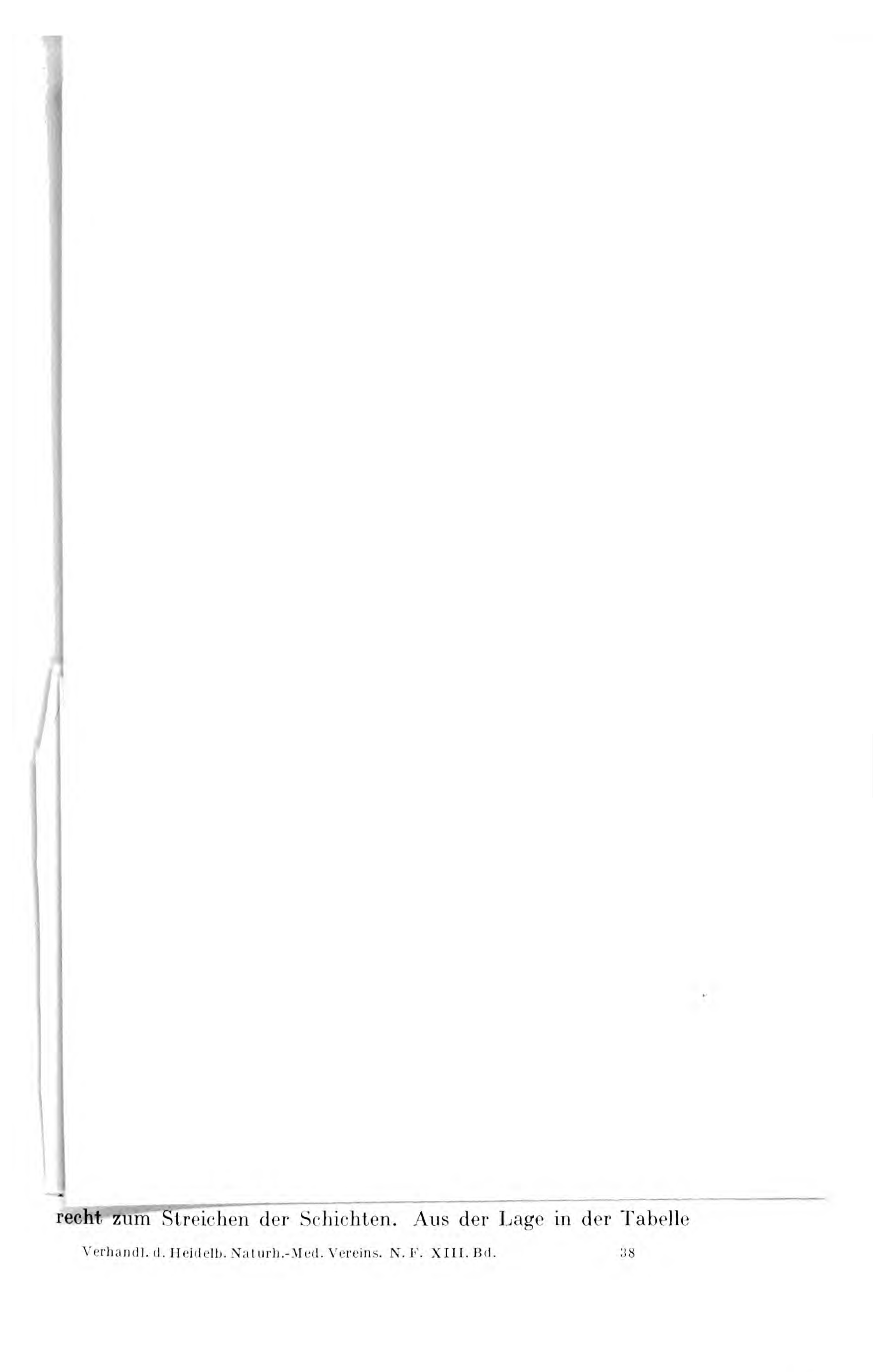
[1] Diese Streifentafeln sind der Arbeit nicht beigefügt worden, um die an sich schon zahlreichen Beilagen nicht zu sehr zu vermehren.

die Richtung der Projektionslinie die Streifenfallrichtung festgelegt, die analog den Streifentafeln dargestellt ist, d. h. der Rutschstreifen fällt gewissermaßen vom Mittelpunkt des Sternsymboles in der Karte nach außen. Jedes Maximum wird mit einer Linie bezeichnet. Nimmt ein Maximum einen breiteren Raum in der Windrose ein, wie z. B. in Tafel XV Fig. 2, dann ist es in der Karte mit einem schwarzen Ton markiert. Einzelne Harnische in Aufschlüssen mit wenig Beobachtungsmaterial sind mit gestrichelter Linie bezeichnet. Überblickt man die Harnische in den Aufschlüssen der ersten Gruppe, so ist trotz einiger Abweichungen folgendes Maximum in der Bewegungsrichtung festzustellen: Streifenfallrichtung etwa N 30° O, und zwar nach N und S, Streifenfallwinkel etwa 30°.

Sehr auffallend ist der Unterschied in der Bewegungsrichtung zwischen Gruppe 1 und 2. Fig. 3, (der Tafel XV) in welcher die Harnische der nördlichen Hälfte des Aufschlusses No. 15 dargestellt sind, zeigt dies sehr deutlich bei einem Vergleich mit Fig. 2. Die Rutschstreifen stehen viel steiler und fallen nach S ein. Das Maximum der Bewegungsrichtung ist hier nicht mehr so leicht auf eine Linie festzulegen, wie in Gruppe 1. Die Streifenfallrichtung schwankt zwischen N 30° W und N 60° O, der Streifenfallwinkel zwischen 80° und 30°; die Streifen fallen nur nach Süden ein. Aus der Übersichtskarte ist deutlich zu ersehen, daß auch im Nordschenkel die Streifenfallrichtung im allgemeinen senkrecht zur Muldenachse verläuft.

Über die merkwürdigen tektonischen Verhältnisse des Aufschlusses No. 16 wurde bereits im ersten Teil dieser Arbeit berichtet. An dieser Stelle sei auf Fig. 4 verwiesen, in welcher die Harnische in der Nähe des Tunnels der Bergbahn eingetragen sind. Es handelt sich hier vorwiegend um Verschiebungen an senkrechten Bruchwänden und zwar längs Rutschstreifen, die etwa 60° nach W einfallen. Die Streifenfallrichtung schwankt von N 60° W über W nach N 60° O. Es wurden also von Westen her, und zwar ziemlich steil von unten, kristalline Schiefer und Dolomite in den Liaskalk eingepreßt.

Die bisher besprochenen Tafeln waren ihrer Konstruktion nach Streifentafeln. Aus rein methodischen Gründen sei noch kurz auf die Beschreibung zweier Klufttafeln eingegangen. Fig. 5 ist ebenfalls vom Aufschluß No. 3 gezeichnet. Man sieht auf den ersten Blick, daß das Maximum in dem Streichen der Klüfte bei OW liegt; das Kluftfallen ist großen Schwankungen unterworfen;



recht zum Streichen der Schichten. Aus der Lage in der Tabelle

OW liegt; das Kluftfallen ist großen Schwankungen unterworfen;

man kann sagen, jeder beliebige Fallwinkel ist möglich, und zwar nach Norden und nach Süden. Dies sind die Merkmale, die im großen ganzen auch für die übrigen Klufttafeln der Gruppe 1 zutreffen. Fig. 6 ist die Klufttafel des Aufschlusses Nr. 17. Dieser Aufschluß enthält Harnische, zu deren Darstellung man sich am besten der Projektion mittelst Normale bedienen muß; denn bei der anderen Methode würden sich viele Symbole der steilen Rutschstreifen zu eng und unübersichtlich auf dem kleinen Raum um den Mittelpunkt zusammendrängen.

2. Tektonik.

Harnische auf der Schichtfläche sind seit langem bekannt. Hierauf hat K. Andree erst vor kurzem in seinen Notizen zur Geologie und Mineralogie (lit. 1 S. 76) aufmerksam gemacht. Schon im Jahre 1878 berichtet Albert Heim (lit. 30 S. 25) von Rutschstreifen, die er auf den Säntisgipfeln beobachtet hat. „Die beim genauen Nachsuchen nicht seltenen Rutschflächen liegen alle auf der Oberfläche der Bänke und ihre Streifen entsprechen der Fallrichtung. Sie beweisen also Bewegungen der einzelnen Schichtbänke übereinander, die den Verschiebungen der einzelnen Blätter eines Papierstoßes beim Biegen entsprechen. Bei der Biegung eines aus vielen Schichten zusammengesetzten Schichtensystemes werden stets die äußeren Schichten zu kurz. Bei einer Mulde sind dies die ältesten, bei einem Gewölbe die jüngsten Schichten. Wenn sich Gewölbe und Mulde zur Falte aneinander reihen, gleicht sich dieser Unterschied mehr oder weniger aus, indem dann an den Mittelschenkeln die jüngeren Schichten gegen das Gewölbe, die tieferen älteren hingegen nach der Mulde schieben.“ K. Andree hat ähnliche Beobachtungen auf den Schichtflächen der Culmgrauwacke des Oberharzes und der Malmkalke des Schweizer Juras machen können und sie in der gleichen Weise wie A. Heim gedeutet. Bisher fehlt aber hierzu noch der genaue Beweis, der nur durch Beobachtung des relativen Bewegungssinnes an zahlreichen Harnischen zu erbringen ist.

Man kann sagen, daß jede Schichtfläche des Liaskalkes als Harnisch ausgebildet ist. In den Fig. 7 u. 8 der Tafel XV sind einige wenige von diesen Harnischen eingetragen. In Fig. 7 fallen sämtliche Rutschstreifen nach Norden ein und stehen in der Mehrzahl senkrecht zum Streichen der Schichten. Aus der Lage in der Tabelle

ist zu sehen, daß die Streifen dem Südschenkel der Mulde angehören. Der relative Bewegungssinn — aus den Pfeilen ersichtlich — ist ohne Ausnahme so, daß sich die jüngere Schicht, das Hangende, über der älteren Schicht, dem Liegenden, nach Süden bewegt hat. Das Maximum in der Streifenfallrichtung ist ziemlich geschlossen; es schwankt zwischen N 30° W und N 60° O. Fig. 8, in welcher die Harnische auf den Schichten des Nordschenkels der Mulde dargestellt sind, ist nicht mehr so charakteristisch, wie Fig. 7. Die Schichten sind hier sekundär verbogen und gefältelt. Auch macht sich offenbar der Einfluß des kristallinen Keiles geltend, der in den Liaskalk hineingetrieben wurde (vgl. S. 558). Es muß dann noch berücksichtigt werden, daß von dem Nordschenkel der Mulde nicht so viele Aufschlüsse zur Verfügung standen als vom Südschenkel. Das Maximum ist daher in Fig. 8 ziemlich breit und nicht sehr dicht, es schwankt zwischen N 60° O und N 60° W. Wenn man von den wenigen Symbolen, die außerhalb dieses Maximums liegen, absieht, dann hat sich auch im Nordschenkel der Mulde die hangende Scholle über der liegenden nach oben, in diesem Falle nach Norden bewegt.

Damit ist der Beweis erbracht, daß an der Brémulde die gleichen Bewegungen stattgefunden haben, wie sie Albert Heim vom Säntis beschrieben hat. Im Abschnitt C des I. Teils dieser Arbeit (S. 563) ist bereits dargelegt worden, daß südlich der Muldenlinie des Monte Bré und ihrer Fortsetzung nach Osten hin, abgesehen von dem Vorkommen bei Castagnola, kein Conchodondolomit ansteht. Darnach könnte man also die Brémulde als eine einfache durch Absenkung entstandene Flexur auffassen. Nun ist aber bei einem reinen Senkungsvorgang gar keine Veranlassung gegeben, daß in dem sich senkenden Flügel Bewegungen parallel zu den Schichtflächen in besprochenem Sinn eintreten. Aus dem regelmäßigen Auftreten dieser Harnische ist daher zu schließen, daß die Liaskalke des Monte Bré unter horizontaler Druckspannung standen.

Der ganze Umfang des Faltungsvorganges und seiner Erscheinungen ist mit der eben gemachten Feststellung noch nicht erschöpft. Eine große Zahl Harnische durchschneidet die Schichten und ist dem relativen Bewegungssinn nach als Verwerfungen, Überschiebungen und Horizontalverschiebungen aufzufassen. Albert Heim hat derartige Harnische bereits studiert. In seinen „Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung“

schreibt er S. 28 und 29: „Alle bisherigen Betrachtungen über Adern und Rutschstreifen in den dislozierten Schichten lehren uns, daß bei den großen mechanischen Umformungen besonders den Biegungen ganzer Schichtsysteme bei der Gebirgsbildung sich das Gestein nicht als mechanische Einheit bewegt, sondern es geschieht eine Zerteilung durch Klüfte und Rutschflächen in relativ kleine Gesteinsbrocken. Diese Gesteinsbrocken verschieben und verstellen sich als die mechanischen in sich selbst fast starren Einheiten der Bewegung, soweit als es die Ausgleichung der von den gebirgsfaltenden Kräften erzeugten Spannungen erfordert, und werden hernach in der gegenseitigen veränderten Lage durch Sekretionen wieder verkittet. Neubildung von Trennungen und Verkitten der alten gehen nebeneinander solange fort, als die faltenden Kräfte auf diese Teile der Erdrinde einwirken. Die Summe aller Stellungsveränderungen dieser Gesteinsbruchstücke ergibt dann zu einem großen Teil die gesamte Umformung."

Im folgenden soll auf diesen Bewegungsmechanismus näher eingegangen werden.

Die Streifentafeln Fig. 9, 10 und 11 beziehen sich auf den Südflügel der Mulde. In Fig. 9 sind sämtliche Überschiebungen zusammengetragen. Das Maximum der Streifenfallrichtung ist sofort bei N 30° O zu erkennen. Das Maximum im Einfallen schwankt zwischen 10° und 30°. Das auffallendste ist aber, daß sich Überschiebungen nach Norden und Überschiebungen nach Süden entgegenzuwirken scheinen. Die Überschiebungen nach Norden sind an Zahl geringer.

Die Verwerfungen, die auf Fig. 10 eingetragen sind, lassen ein Maximum der Streifenfallrichtung bei N 15° O vermuten. Die Streifen besitzen sehr verschiedenes Einfallen; doch in den meisten Fällen nicht über 30°. In dem NW-Quadranten existiert eine auffällige Leere an Symbolen.

In Fig. 11 sind die Blattverschiebungen dargestellt; ich habe hier auch solche Harnische miteinbezogen, an denen ein relativer Bewegungssinn nicht festzustellen war. In der Streifenfallrichtung ist ein Maximum nicht sehr deutlich zu erkennen. Eine stärkere Anhäufung der Signaturen findet etwa bei N 30° W statt. Das Einfallen bleibt meistens unter 30°. Sehr auffallend ist hier die große Regelmäßigkeit des relativen Sinnes der Bewegung. An allen Blattverschiebungen, die in nordöstlicher Richtung stattgefunden

haben, hat sich immer die westliche Scholle nach Süden, die östliche nach Norden bewegt. In der dazu senkrechten Richtung hat sich in den meisten Fällen die Südscholle nach Westen bezw. die Nordscholle nach Osten bewegt. Es ist möglich, daß in der Konstanz der relativen Bewegung in nordöstlicher Richtung ein Einfluß des Hauptquerbruches zu suchen ist.

Fassen wir kurz zusammen. In den allermeisten Fällen haben Bewegungen an Rutschstreifen stattgefunden, deren Fallwinkel das Einfallen der Schichten nicht übertrifft. Der Streifenfallwinkel schwankt meist zwischen 5⁰ und 30⁰. Die Streifenfallrichtung steht fast immer senkrecht zur Muldenachse. Damit ist erwiesen, daß die Entstehung in direkten Zusammenhang mit der Faltung zu bringen ist.

Im Nordschenkel der Mulde haben scheinbar andere Bewegungen als im Südschenkel stattgefunden. Die Streifenfallrichtung auf den Überschiebungsflächen (Fig. 12 Streifentafel) schwankt zwischen OW und N 30⁰ W. Auch in dieser breiten Verteilung macht sich doch noch die Richtung des Faltungsschubes durch eine Anreicherung der Symbole in N 15⁰ O-Richtung bemerkbar. Das Maximum der Streifenfallwinkel liegt zwischen 60⁰ und 80⁰. Es haben nur Überschiebungen nach Norden stattgefunden.

Das Maximum in der Streifenfallrichtung auf Fig. 13 (Streifentafel) ist sehr deutlich bei N 45⁰ O. Die Streifenfallwinkel schwanken zwischen 30⁰ und 60⁰. Die Rutschstreifen, an denen Verwerfungen stattgefunden haben, liegen bedeutend flacher als die Harnische von Fig. 12; trotzdem stehen sie immer noch steiler als die Streifen im Südschenkel der Mulde.

Fig. 14 (Streifentafel) enthält die Verschiebungen an senkrecht stehenden Flächen, die man, sofern eine steile Bewegung an ihnen erfolgt ist, als Verwerfungen zu bezeichnen hätte. Sie sind aber trotzdem auf einer besonderen Schemaebene zusammengefaßt, da sie sich aus bestimmten Gründen, die erst später (S. 597) dargelegt werden sollen, viel enger an die Horizontalverschiebungen der Fig. 11 als an die Verwerfungen der Fig. 13 anschließen. Eine Gesetzmäßigkeit ist bei der geringen Beobachtungszahl nicht festzustellen.

Im Nordschenkel der Mulde handelt es sich ebenfalls um Überschiebungen, die mehr oder weniger parallel den Schichten nach Norden erfolgten und um Verwerfungen, die die Schichten in einem

etwas flacheren Winkel als die Überschiebungsflächen, nach Süden absinken ließen.

Wann entstanden die Harnische? Diese Frage wird mit Sicherheit nicht zu entscheiden sein. Es ist möglich, daß sie erst bei einem letzten Ruck entstanden, als die eigentliche Faltung in der Hauptsache schon vollendet war. Sie können aber auch — und das ist am wahrscheinlichsten — wie ALBERT HEIM dargelegt hat (s. oben S. 593), während der ganzen Dauer des gebirgsbildenden Vorganges entstanden sein. Was ist die Folge davon? Nehmen wir einmal an, beim ersten Faltungsschub reißt eine Überschiebungsfläche auf mit einer Neigung von 45° N. Die Bewegung soll der Einfachheit halber senkrecht zum Streichen der Schichten erfolgt sein, die in diesem Augenblick eine Neigung von 10° S besaßen. Nun wird die Harnischkluft mit Kalkspat verkittet. Die Faltung nimmt ihren Fortgang. Es reißen neue Druckfugen auf; nur an dieser ersten soll keine Verschiebung mehr stattfinden. Schließlich haben die Schichten eine Neigung von 80° S. Die Folge davon ist, daß die Überschiebungsfläche ebenfalls eine Drehung um 70° erfahren hat und jetzt mit 25° nach Süden einfällt. Die Steilseiten der Harnischstufen der liegenden Scholle, die ja nach der Richtung hinschauen, nach welcher sich die hangende Scholle bewegt hat, deuteten in ihrer ersten Lage eine Überschiebung an. In ihrer zweiten Lage nach der Drehung durch die Faltung wird aber der Eindruck erweckt, als ob an dem Harnisch eine Verwerfung stattgefunden habe. Daraus geht die wichtige Folgerung hervor, daß das, was bisher der Einfachheit halber als Überschiebung oder Verwerfung bezeichnet worden ist, der wirklichen Bewegung nach nicht ohne weiteres als solche benannt werden darf. Da nicht festzustellen ist, in welcher Neigung sich die Schichten in dem Augenblick befanden, in dem gerade ein Harnisch aufriß, so ist es oft nicht möglich, die wahre Natur des relativen Bewegungsvorganges trotz der Harnischstufen zu ermitteln. Überschiebung, Verwerfung und Horizontalverschiebung sind Ausdrücke, die nicht immer genetisch aufgefaßt werden dürfen, sondern nur rein beschreibend; durch sie wird vielfach nur der scheinbare Bewegungsvorgang[1] bezeichnet.

[1] Aus diesem Grunde wurde auf S. 596 die Trennung zwischen Verschiebungen an senkrechten Bruchwänden und Verwerfungen durchgeführt.

Eine sehr wichtige Beobachtung ist aber in diesen Erörterungen noch nicht verwertet worden: die Tatsache nämlich, daß der Streifenfallwinkel eine auffällige konstante Beziehung zu dem Fallwinkel der Schichten besitzt. Zur besseren Übersicht ist Abb. 12 gezeichnet, die als schematisches Profil gedacht ist. Die Pfeile deuten die scheinbare Bewegungsrichtung der hangenden Scholle gegenüber der liegenden an. Der kleinere Winkel zwischen 2 Pfeilen enthält das Maximum der Streifenfallwinkel. Das Profil ist senkrecht zur Muldenachse gelegt. Das erste, was sofort auffällt, ist die Symmetrie zwischen den beiden Muldenflügeln. Man braucht

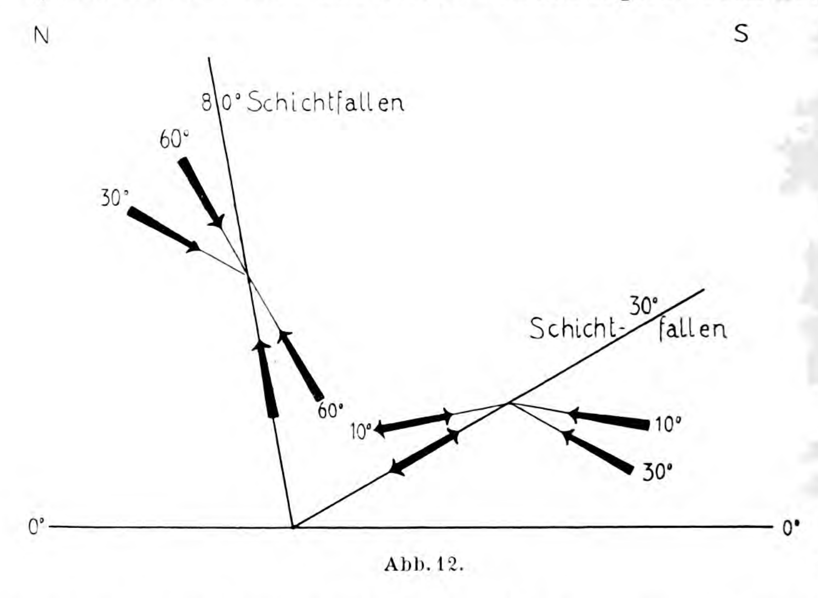


Abb. 12.

bloß dem Südschenkel ebenfalls eine Neigung von 80° zu geben und das Spiegelbild ist vollständig. Warum enthält der steile Nordschenkel nicht auch die flachen Harnische wie der Südschenkel, der doch der gleichen horizontalen Druckspannung unterworfen war? Aus der Verknüpfung der Tatsache, daß die Schichten annähernd die gleichen Winkel mit den Harnischstreifen bilden, mit der anderen, daß die Bewegung längs den Schichtflächen immer nur in einem Sinne erfolgt ist, geht meiner Meinung nach nur eine Schlußfolgerung hervor. Die horizontal auf die Schichten einwirkenden gebirgsbildenden Kräfte finden insofern eine Zerlegung in ihrer Richtung, als Bewegungen parallel den Schichtflächen erfolgen. Diese Richtung ist aber keine konstante. Sie steht zwar immer senkrecht zur Muldenachse, erfährt aber in ihrer Neigung zu einer horizontalen Ebene in dem Maße eine Änderung,

wie die Schichten selbst, die von der Faltung erfaßt werden. Wenn nun in irgendeinem Winkel zu den Schichten noch andere Harnische aufreißen, deren Rutschstreifen mit jeder Lage der Schicht im Raume, also auch mit der Kraftwirkung parallel zu den Schichten immer wieder die gleichen Winkel einschließen, dann können diese Harnische nur durch die gleiche Kraft entstanden sein.

Die ganze Erscheinung ist also folgendermaßen zu erklären. Schon bei dem ersten horizontalen Schub fanden Bewegungen längs der Schichtflächen statt. Diese Verschiebungen konnten nicht — vielleicht durch kleine lokale petrographische Verschiedenheiten bedingt — mit gleicher Intensität wirken. Die Intensität und die Geschwindigkeit der Bewegung war an verschiedenen Stellen der Mulde verschieden. Dadurch wurden innerhalb der Schichten örtliche Zug- und Druckspannungen erzeugt, die in den Harnischen in irgend einem Winkel zum Schichtfallen ihre Auslösungen fanden als „Verwerfungen", „Überschiebungen", „Horizontalverschiebungen". Da nun die beiden Muldenschenkel aus dem gleichen Material bestehen, muß die gleiche, parallel den Schichten sich vollziehende Bewegung die gleichen Erscheinungen hervorrufen. Warum nun gerade die Harnische in der Weise aufrissen, wie Abb. 12 zeigt, das ist eine Frage, die ohne Vergleichsmaterial nicht zu entscheiden ist. Vielleicht finden wir in anderen Schichten andere Systeme. Wenn die Rutschstreifen erst bei einem allerletzten Ruck entstanden sind, nachdem die Faltung bereits in ihrer heutigen Form vollendet war — was sehr unwahrscheinlich ist —, auch dann kommt man zu dem gleichen Schluß:

Die Harnische parallel den Schichten sind die unmittelbare Folge der Faltung. Die Harnische, die in irgend einem Winkel zu den Schichten aufreißen, sind sekundäre Auslösungserscheinungen von Spannungen, die bei der Verschiebung parallel zu den Schichten entstanden.

Zu der von Spitz (lit. 61 S. 55) ausgesprochenen Vermutung, „daß wohl vielfach Harnische an schon vorher existierenden Klüften entstanden sind und so nur eine durch die vorhandene Kluft in ihrer Richtung beeinflußte Bewegung anzeigen", gestattet das Beobachtungsmaterial keine Stellungnahme, da ja die Harnischflächen erst während der Bewegung entstanden sind.

Anhang.

Stratigraphische Notizen.

Die nachfolgenden Notizen tragen den Charakter einer vorläufigen Mitteilung; sie sind aber notwendig als Ergänzung der am Monte Bré gemachten Beobachtungen.

Liasbrekzie. Die neue Fahrstraße, die von Lugano nach dem Dorf Bré führt, ist in der Schweizer Karte 1:25 000 noch nicht eingetragen. Durch den Straßenbau wurde oberhalb Aldesago der Aufschluß Nr. 3 in Abb. 11 im Lias geschaffen. In dem westlichen Ende des Steinbruches, dessen Betrieb jetzt eingestellt ist, enthält der gleichmäßig graublaue Lias eckige, verschieden gefärbte Bruchstücke von dolomitischer Beschaffenheit. Die nachfolgenden Analysen wurden von 2 Handstücken desselben Aufschlusses angefertigt. Analyse I stammt von dem dunkelgrauen Zement der Brekzie. Analyse II und III von helleren Dolomitischen Einschlüssen.

	I	II	III
$MgCO_3$	42,2	41,5	38,5
$CaCO_3$	29,3	53,5	55,0
Rückstand . .	29,0	5,4	5,6
	100,5	99,9	99,1

Das Zementmaterial (I) zeigt einen sehr hohen Prozentsatz an in Salzsäure unlöslichen Bestandteilen und ist viel Mg-reicher als die Bruchstücke II und III. Die Brekzie ist zweifellos nicht durch tektonische Bewegungen entstanden, sondern muß als eine typische symmikte[1] Ablagerung bezeichnet werden.

Lias—Dolomit. Auf S. 557 wurde schon auf das Vorkommen von Dolomit innerhalb der Liaskalke hingewiesen. In dem Auf-

[1] Salomon, lit. 56, S. 419.

schluß Nr. 17 (Karte Abb. 11) ist eine 8—10 m breite, weiße, in sich selbst ungeschichtete Dolomitbank zu sehen, die sich mit haarscharfer Grenze von dem unter- und überlagernden Lias abhebt. An der Grenze von Conchodondolomit gegen Lias ist die Wechsellagerung von dolomitischen mit kalkigen Bänken bekannt. Der Dolomit des Aufschlusses Nr. 17 liegt aber bedeutend höher als die untere Formationsgrenze des Lias; ist also dem Lias selbst zuzurechnen. Auf der Südseite des Monte Bré hinter dem ersten Marienbild an der neuen Fahrstraße nach dem Dorf Bré oberhalb Aldesago ist eine Dolomitlinse aufgeschlossen, die mit ihrer geraden etwa 5 m breiten Basis auf schwarzem Liaskalk aufliegt. Auch die hangenden Liasschichten schmiegen sich vollständig an die nach oben konkave Form des liegenden Dolomites an. Es handelt sich hier um eine primäre Lagerungsform. Der Liasdolomit hat offenbar keine sehr weite Verbreitung.

Über Kometenschweife.

Von **V. Goldschmidt.**

Mit sechs Textfiguren.

Das Wesen der Kometenschweife ist noch nicht befriedigend erklärt. Die heute am meisten gebilligte Erklärung ist die: aus dem Kopf des Kometen werden durch die Wirkung der Sonne Strahlungen ausgetrieben und äußerst feine Materie, die durch den Strahlendruck in der Richtung von der Sonne weggeführt werden.

Bei dieser Erklärung bleiben die wichtigsten Fragen offen. Wir wollen eine andere versuchen, auf die Gefahr hin, daß sie um ihre Bestätigung wird kämpfen müssen.

Wir haben mit folgenden Tatsachen zu rechnen:



Fig. 1.

1. Der Schweif schließt sich an den Kopf an wie ein Schatten. Er ist, wie ein solcher, der Sonne abgewendet. Auf dem Weg zur Sonne folgt er nach, auf dem Weg von der Sonne eilt er voraus (Fig. 1).

2. Der Schweif ist vom Radius Vektor (d. h. von der Richtung zur Sonne) etwas nach rückwärts gebogen.

3. Was vom Schweif zu uns kommt, ist Licht. Dadurch ist er uns sichtbar[1]).

[1]) Verdankt der Schweif seine Entstehung einer Ausstrahlung von anderer Art als Licht, so müßten diese Strahlen ganz oder teilweise in Licht verwandelt sein. Denn, was von dem Kometen und seinem Schweif zu uns kommt, ist Licht.

4. Das Schweiflicht ist das gleiche wie das Kopflicht mit den gleichen spektralen Eigenschaften, abgeschwächt mit der Entfernung vom Kopf[1]).

5. Ändert der Kopf sein Spektrum, so ändert es der Schweif mit, so zwar, daß das Spektrum das gleiche ist, ob wir es vom Kopf oder vom Schweif nehmen.

6. Der Kometenkopf ist durchsichtig. Man kann Sterne hinter ihm sehen. Ebenso ist der Schweif durchsichtig.

7. In großer Entfernung hat der Komet keinen Schweif, auch kein eigenes Licht. Er zeigt da das kontinuierliche Spektrum von reflektiertem Sonnenlicht.

Folgende Annahmen dürften zu machen und in die Erklärung hereinzubeziehen sein:

8. Nur der Kopf bringt eigenes Licht hervor, nicht auch die Teile des Schweifes.

9. Kopf- und Schweiflicht setzen sich zusammen aus eigentlichem Kopflicht, d. h. Licht, das der Kopf hervorbringt, und reflektiertem Sonnenlicht.

10. Wir schließen nun: Da der Kopf Licht hervorbringt, der Schweif nicht, der Schweif aber das gleiche Licht hat wie der Kopf, so ist das Licht des Schweifes reflektiertes Kopflicht, vereinigt mit reflektiertem Sonnenlicht, das Kopf und Schweif im Spektrum zeigen.

Dieser Schluß erscheint mir zwingend.

Aus unserer Kosmolithetheorie[2]) fügen wir folgende Annahmen hinzu.

11. Träger des Lichts im Kopf sind die Kosmolithe, die der Kopf auf seiner Bahn trifft und glühend und leuchtend macht; im Schweife sind es die Kosmolithe, die das Kopflicht und das Sonnenlicht reflektieren.

12. Zwischen den glühenden und leuchtenden Körperchen (Kosmolithen) des Kopfes kann fremdes Licht (Sonnenlicht oder das Licht dahinter gesehener Sterne) passieren; desgleichen zwischen den Kosmolithen des Schweifes.

[1]) Vgl. Frost und Parkhurst, Astrophys. Journ., Chicago 1909, 29, S. 56, Taf. 4 u. 5.

[2]) Ostwalds Annalen d. Nat.-Philos., 1907, 5, 89, und 1909, 8, 477.

13. Materiell besteht der Kopf aus der bewegten Masse, die der Komet mitbringt (deren Natur wir nicht kennen), und aus den ins Glühen versetzten Kosmolithen. Der Schweif besteht nur aus angeleuchteten Kosmolithen und enthält nichts von der Masse, die der Komet mitbringt.

Anmerkung 1. Daß der Komet eigene Maße mitbringt, schließen wir daraus, daß er sich nach dem Gesetz der Gravitation in elliptischer oder parabolischer Bahn um die Sonne bewegt.

Anmerkung 2. Daß nur Kometen und Sternschnuppen die Kosmolithe zum Glühen und Leuchten bringen, erklärt sich daraus, daß nur sie die Bahn der Kosmolithe kreuzen.

Auf Grund dieser Tatsachen und Annahmen möge versucht werden, die Gestalt und Richtung der Kometenschweife zu erklären.

Wir betrachten den Kometenschweif als gebildet aus Kosmolithen, die durch stärkere Beleuchtung sich von ihrer Umgebung abheben.

Diese Umgebung oder vielmehr den ganzen Raum innerhalb unseres Sonnensystems betrachten wir als mit Kosmolithen gefüllt. Auch diese sind belichtet, und zwar von der Sonne und dem Kometenkopf, aber schwächer. Es bleibt zu zeigen, wieso gerade in einem Raum von der Gestalt des Kometenschweifs das Licht stärker ist als in der Umgebung.

Wir haben folgendes Bild:

Die Sonne strahlt konzentrisch Licht aus; ebenso der Kometenkopf. Das Kopflicht nimmt im Gebiet der Schweiflänge KD (Fig. 2) rasch ab. Das Sonnenlicht kann in diesem Gebiet (wenigstens in größerer Entfernung von der Sonne und für die grobe Annäherung dieser ersten Betrachtung) als etwa konstant angesehen werden.

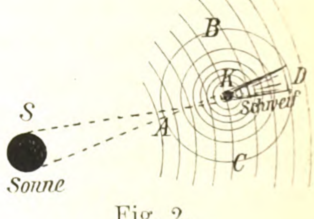


Fig. 2.

Das Sonnenlicht geht durch den Kopf hindurch.

Die Kosmolithe werden im Gebiet ABCD (Fig. 2) von der Sonne überall etwa gleichstark und von derselben Seite her beleuchtet; durch das Kopflicht ungleich stark, je nach der Entfernung von K, und zwar stets auf der K zugewendeten Seite.

Fig. 3 zeigt schematisch die Beleuchtung. Dabei ist in Richtung KA, KB, KC, KD je ein Kosmolith groß als Kreis eingezeichnet.

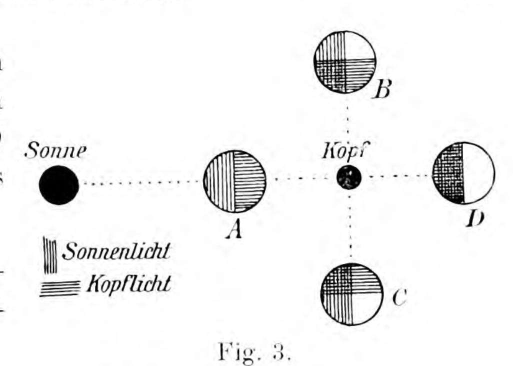


Fig. 3.

Wir sehen von doppeltem Licht beleuchtet (Kopflicht und Sonnenlicht):

In Richtung	D	$\frac{1}{2}$	der Oberfläche
,,	B u. C	$\frac{1}{4}$	,,
,,	A	0	,,

Wir haben danach das stärkste Licht in Richtung KD, d. h. in Richtung des Schweifs.

Damit wäre der Ort der Teile, die stärker leuchten als die Umgebung, d. h., die als Schweif sichtbar sind in Richtung von der Sonne her, hinter dem Kopf zu suchen (Fig. 4).

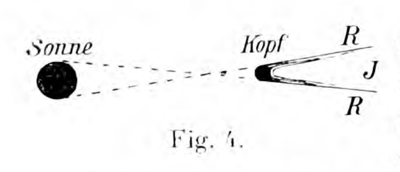


Fig. 4.

Das Licht des Schweifes besteht, wie das Spektrum zeigt, aus konstantem Sonnenlicht und aus Kopflicht, das mit dem Eigenlicht des Kopfes wechselt.

In Richtung KA (Fig. 2, 3 u. 5) geht der leuchtende Teil des Kometen vom Kopf aus nur ein kleines Stück der Sonne entgegen. Man nennt diesen Teil Koma. Das ist das Stück, in dem das Kopflicht der Kosmolithe (von K her) stärker ist als das Sonnenlicht derselben (von S her). Denn vom Sonnenlicht sind alle Kosmolithen des ganzen Gebietes bestrahlt, und es heben sich hell nur die ab, die stärkeres Licht haben.

Fig. 5.

Es nimmt aber das Kopflicht von K aus nach außen rasch ab und ist in einiger Entfernung von K dem im Gebiet AK ziemlich konstanten Sonnenlicht gleich. Das ist die Grenze der Sichtbarkeit des Kometen nach der Sonne hin, mit anderen Worten die Grenze der Koma.

Anmerkung. Die Stärke des Sonnenlichts bei A ist bekannt; das Gesetz der Abnahme des Lichts von K nach A ebenfalls. Ist unsere Annahme richtig, so haben wir in der Länge des Lichtteils vor dem Kopf (der Koma) ein Photometer, d. h. ein Maß für die Stärke des Kopflichtes im Verhältnis zum Sonnenlicht.

Die Schweife haben konische Gestalt. Ihr Licht ist im Innern (I) des Kegels (Fig. 4) schwächer als an den Rändern (R). Dies dürfte sich so erklären:

Der Kopf ist durchsichtig, indem er aus festen oder (geschmolzenen) flüssigen Körperchen besteht. Die Körperchen, trotzdem sie selbst leuchten, hemmen das durchgehende Sonnenlicht wie ein Gitter, am Rand des Kopfes ist das nicht der Fall. Dort addieren sich Kopflicht und Sonnenlicht ohne Absorption. Auch dürfte die Beugung des Sonnenlichts die Strahlen am Rand verstärken.

Anmerkung. Zwischen Sonne und Kopf sind die Sonnen- und Kopfstrahlen entgegengesetzt gerichtet; hinter dem Kopf sind sie gleich gerichtet. Es wäre zu versuchen, ob sich durch die Interferenz beide Lichtbewegungen manche der beobachteten Erscheinungen in der Koma und dem Schweif des Kometen erklären lassen.

Rückbiegung des Schweifes. Der Kometenschweif erscheint stets vom Radius Vektor nach der Bahn hin etwas zurückgebogen (Fig. 1, S. 602). Dies dürfte sich folgendermaßen erklären.

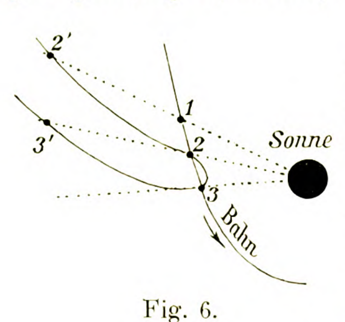


Fig. 6.

Im Moment, da der Kopf an Stelle 1 steht, sehen wir ihn dort[1]). Es sei nun der Kopf auf seiner Bahn (Fig. 6) von 1 nach 2 fortgeschritten, soweit, daß das Kopflicht in 2 aufleuchtet, in 1 eben erloschen ist. Indessen sei das Kopflicht in Richtung von der Sonne weg (d. h. in Richtung des Radius Vektor) von 1 nach 2′ fortgeschritten, so daß 2′ (reflektiert) aufleuchtet zur selben Zeit, zu der 2 (glühend) aufleuchtet. Schreitet dann der Kopf von 2 nach 3 fort, während 2 erlischt, so erlischt 2′ mit 2 und es leuchtet 3′ zugleich mit 3 auf. Ist der Weg vom Aufleuchten bis zum Erlöschen beim Kopf = 2 bis 3, so ist er im Schweif = 2′ bis 3′. Es macht aber das gleichzeitig Leuchtende das zur selben Zeit Sichtbare aus.

Die Kurven der beiden Ränder des Schweifes, d. h. die Linien gleichzeitigen Aufleuchtens und gleichzeitigen Erlöschens legen sich an den Radius Vektor KS, sind aber gegen diesen zurückgebogen. Dies stimmt mit der Beobachtung.

[1]) Wir sehen vom Weg des Lichtes bis zu uns ab, nehmen diesen bei dieser ersten Betrachtung für Kopf und Schweif als gleich an.

Anmerkung. Für die Gestalt des Schweifes kommt noch in Frage die projektivische Verkürzung, die abhängig ist von der Stellung gegen die Erde, sowie die Zeitdifferenz, die das Licht von Kopf- und Schweifende braucht, um zur Erde zu gelangen. Denn wir sehen nicht gleichzeitig, was gleichzeitig aufleuchtet, sondern das, von dessen Aufleuchten Licht gleichzeitig unser Auge erreicht.

Daß der Komet in großer Entfernung kein eigenes Licht (Kopflicht) und keinen Schweif hat, erklärt sich daraus, daß er noch nicht in das Kosmolithengebiet eingetreten ist, oder, daß er sich in einem Gebiet bewegt, in dem die Kosmolithen spärlich sind. Erst im Kosmolithengebiet, d. h. näher der Sonne, erzeugt er das Kopflicht mit seinem eigenartigen Spektrum, zugleich beleuchtet er die umgebenden Kosmolithen und bildet den Schweif. Entfernt sich der Komet von der Sonne und verläßt das Kosmolithengebiet, so verliert er wieder sein Kopflicht und seinen Schweif.

Die äußeren Schalen um die Sonne, die des Uranus und Neptun, dürften arm an Kosmolithen sein. Sie haben ja einen zu ihrem Riesenumfang kleinen Planeten. In ihnen war und ist die Masse spärlich. In ihnen dürfte ein Komet nur einen schwachen Schweif haben, wenn überhaupt einen. Auch ist wohl eine größere Anzahl Kosmolithe im engen Raume nötig, um einen selbstleuchtenden Kopf von solcher Größe und Lichtstärke zu erzeugen, daß er uns sichtbar ist. Erst in den Schalen des Saturn und Jupiter dürften die Kosmolithe so dicht werden, daß ein sichtbarer Schweif sich bildet.

Wiederkehrende Kometen verkürzen ihre Bahn. Der kurzbahnige Bielasche Komet hat sich bei wiederholter Wiederkehr zuerst in zwei Einzelkometen gespalten, jeder mit Kopf und Schweif, dann hat er sich in einen Schwarm von Sternschnuppen zerteilt. Dies können wir verstehen durch den Widerstand der Kosmolithen, durch deren Gebiet der Komet sich durcharbeitet.

Diese Bemerkung, die sich nicht gerade auf die Schweife bezieht, möge, als zum Gesamtbild gehörig, hier einen Platz finden.

Mit dem Kopflicht, wie mit dem Sonnenlicht, ist Wärme verbunden. Es ist daher anzunehmen, daß die stärker beleuchtete Seite der Kosmolithe stärker erwärmt ist. Geht die Erde durch

den Schweif des Kometen, so verhält sie sich wie einer der unzähligen kleinen Kosmolithe, d. h. auch bei ihr dürfte eine Wärmevermehrung eintreten, die um so größer ist, je stärker das Kopflicht ist und je näher wir dem Kopf sind. Der Schweif selber, d. h. die angeleuchteten Kosmolithe, dürften auf irdische Verhältnisse ohne Einfluß sein.

Sollten wir in der Lage sein, in der S. 605 angegebenen Weise die Lichtstärke des Kometenkopfs im Verhältnis zum Sonnenlicht photometrisch zu bestimmen, so ließe sich auch die Wärmevermehrung auf der Erde berechnen, und es würde sich herausstellen, ob dieselbe von einer solchen Größenordnung ist, daß sie für uns wahrnehmbar oder gar meteorologisch von Einfluß ist.

Heidelberg, im Mai 1910.



VERHANDLUNGEN

DES

NATURHISTORISCH-MEDIZINISCHEN VEREINS

ZU

HEIDELBERG

NEUE FOLGE

DREIZEHNTER BAND

DRITTES UND LETZTES HEFT DES BANDES

MIT 12 TAFELN UND 31 ABBILDUNGEN IM TEXT

(UNTER DER SCHRIFTLEITUNG VON PROF. DR. WILHELM SALOMON UND RECHNUNGSRAT DR. PHIL. NAT. DANIEL HÄBERLE IN HEIDELBERG)



HEIDELBERG
CARL WINTERS UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG
1914—1917

Verlags-Nr. 1413



VERHANDLUNGEN DES NATURHISTORISCH-MEDIZINISCHEN VEREINS ZU HEIDELBERG.

In **Neuer Folge** erschienen folgende Hefte, die bis auf weiteres zu den beigesetzten Preisen erhältlich sind (mit * versehene Hefte sind vergriffen):

Band		Heft	Preis	
Band	I.	Heft 1	4.—	M.
		„ 2	1.60	„
		„ 3	3.—	„
		„ 4	8.—	„
		„ 5	2.40	„
Band	II.	Heft 1	2.—	„
		„ 2	6.—	„
		„ 3	2.—	„
		„ 4	3.60	„
		„ 5	6.40	„
Band	III.	Heft 1	3.—	„
		„ 2	4.40	„
		„ 3	2.—	„
		„ 4	5.—	„
		„ 5	7.20	„
Band	IV.	Heft 1	7.40	„
		„ 2	2.—	„
		„ 3	4.80	„
		„ 4	2.—	„
		„ 5	3.—	„
Band	V.	Heft 1	4.—	„
		„ 2	2.80	„
		„ 3	4.—	„
		„ 4	5.—	„
		„ 5*	4.80	„
Band	VI.	Heft 1	2.80	„
		„ 2	4.—	„
		„ 3	2.40	„
		„ 4	6.—	„
		„ 5	4.80	„
Band	VII.	Heft 1	7.20	M
		„ 2	12.—	„
		„ 3/4	8.60	„
		„ 5	4.—	„
Band	VIII.	Heft 1	7.—	„
		„ 2	4.—	„
		„ 3/4	7.50	„
		„ 5	3.—	„
Band	IX.	Heft 1	8.—	„
		„ 2/3	15.—	„
		„ 4	3.20	„
Band	X.	Heft 1	3.—	„
		„ 2	6.50	„
		„ 3	3.80	„
		„ 4	5.50	„
Band	XI.	Heft 1	4.50	„
		„ 2	4.—	„
		„ 3	4.—	„
		„ 4	7.50	„
Band	XII.	Heft 1	7.—	„
		„ 2	5.—	„
		„ 3	6.50	„
		„ 4	4.50	„
Band	XIII.	Heft 1	6.50	„
		„ 2	7.80	„
		„ 3	4.20	„

Verzeichnis der einzeln käuflichen Arbeiten.

Bettmann, S., Über die Vererbung von Hautanomalien. M. 1.—. 1912.

Buddenbrock, W. von, Über die Funktion der Statocysten von ***Branchiomma vesiculosum.*** Mit 2 Abbildungen. M. —.80. 1913.

— Einige Bemerkungen über den Schwirrflug der Insecten mit besonderer Berücksichtigung der Halteren der Zweiflügler. Mit 4 Textfiguren. M. 1.—. 1916.

Bütschli, O., Otto Schoetensack †. Nachruf im Namen der Naturwissenschaftlich-mathematischen Fakultät bei der Bestattung (31. Dezember 1912). Mit Bildnis. M. 1.—. 1913.

— und **Ebler, E.,** Gedächtnisfeier für Julius Wilhelm Brühl am 5. Mai 1911. Mit Bildnis. M. 1.—. 1912.

Dinu, Jon J., Geologische Untersuchungen der Beziehungen zwischen den Gesteinsspalten, der Tektonik und dem hydrographischen Netz im östlichen Pfälzerwalde (Hardt). Mit 1 Karte u. 4 Textfig. M. 2.50. 1912.

Ebler, E., Der Arsen-Gehalt der „Maxquelle“ in Bad Dürkheim a. d. Hardt. M. —.80. 1907.

(Fortsetzung auf 3. Umschlagseite.)

(Fortsetzung von Seite 2 des Umschlags.)

Engstler, Bernhard, Geologische Untersuchungen der Beziehungen zwischen den Gesteinsspalten, der Tektonik und dem hydrographischen Netz in den östlichen Mittelvogesen. Mit 2 Tafeln und 3 Abb. M. 2.40. 1913.

Ernst, Paul, Lebenserscheinungen als Maßstab für die Protoplasmastruktur. M. —.50. 1914.

Ewald, August, Über den Bau, die Entladung und die Entwicklung der Nesselkapseln von *Hydra* und *Porpita Mediterranea*, nebst einigen histologischen Bemerkungen über die letztere Form. Mit 2 Tafeln und 7 Textabbildungen. M. 2.—. 1915.

Fajans, Kasimir, Die Verzweigung der Radiumzerfallsreihe. Mit 9 Abbildungen. M. 2.50. 1912.

Häberle, D., Über Kleinformen der Verwitterung im Hauptbuntsandstein des Pfälzerwaldes. Mit 4 Tafeln und 6 Textfiguren. M. 1.50. 1911.

— Die Gesellschaft für Naturwissenschaft und Heilkunde zu Heidelberg (1818—1847), die Vorläuferin des Naturhistorisch-medizinischen Vereins zu Heidelberg (seit 1856). M. 2.—. 1913.

Klebs, G., Über Flagellaten- und algenähnliche Peridineen. Mit 1 Tafel und 15 Abbildungen im Text. M. 3.50. 1912.

Kuckuk, Friedrich, Die Wasserversorgung der Stadt Heidelberg in ihrer geschichtlichen Entwicklung, jetzigen Bedeutung und zukünftigen Gestaltung. Mit 8 Abbildungen. M. —.60. 1913.

Lauterborn, R., Über Staubbildung aus Schotterbänken im Flußbett des Rheins. Ein Beitrag zur Lößfrage. M. —.80. 1912.

— Die sapropelische Lebewelt. Ein Beitrag zur Biologie des Faulschlammes natürlicher Gewässer. Mit 1 Tafel. M. 3.50. 1915.

Link, Anton, Über Ringbildung bei einigen Tropenhölzern. Mit 60 Textabbildungen. M. 1.50. 1915.

Oppenheimer, Leop., Untersuchungen an Cordierit. Mit 4 Textfig. M. 1.50. 1914.

Reiner, Paul, Beiträge zur Kenntnis der Turmalingruppe. Mit 4 Abbildungen im Text. M. 2.—. 1913.

Salomon, W., *Arietites* sp. im schiefrigen Granat-führenden Biotit-Zoisit-Hornfels der Bedretto-Zone des Nufenen-Passes (Schweiz). Mit 2 Tafeln. M. 1.—. 1911.

— Der Einbruch des Lötschbergtunnels 1909. Mit 1 Figur. M. —.50. 1910.

— Ist die Parallelstruktur des Gotthardgranites protoklastisch? Mit 1 Tafel. M. —.80. 1912.

Schröder, Olaw, Weitere Mitteilungen zur Kenntnis der *Buddenbrockia Plumatellae* Ol. Schröder. Mit 13 Textfiguren. M. —.80. 1912.

Seebach, M., Apatit vom Katzenbuckel im Odenwald. Mit 1 Tafel. M. 1. 1912.

Strigel, Adolf, Geologische Untersuchung der permischen Abtragungsfläche im Odenwald und in den übrigen deutschen Mittelgebirgen. Ein paläogeographischer Versuch. I. Mit 5 Karten u. 11 Figuren. M. 5.— 1912.

— — II. Mit 8 Textfiguren. M. 7.50. 1914.

Tischler, G., Ernst Pfitzer, Gedächtnisrede, gehalten am 21. Dezember 1906 Mit Bildnis. M. 1.—. 1907.

Voelcker, F., Fortschritte in der Chirurgie. M. —.60. 1911.

Wurm, A., Über *Rhinoceros etruscus* Falc. von Mauer a. d. Elsenz (bei Heidelberg). Mit 4 Tafeln und 3 Textfiguren. M. 3.—. 1912.

— Beiträge zur Kenntnis der iberisch-balearischen Triasprovinz. Mit 1 Tafel, 1 Karte und 16 Textfiguren. M. 4.—. 1913.

Inhalt von Heft 3 des XIII. Bandes der Neuen Folge:

Die **ordentlichen Gesamtsitzungen** des **Naturhistorisch-medizinischen Vereins** finden, mit Ausnahme der Ferien, regelmäßig am ersten Freitag jedes Monats statt und werden den Mitgliedern jeweils besonders angezeigt.

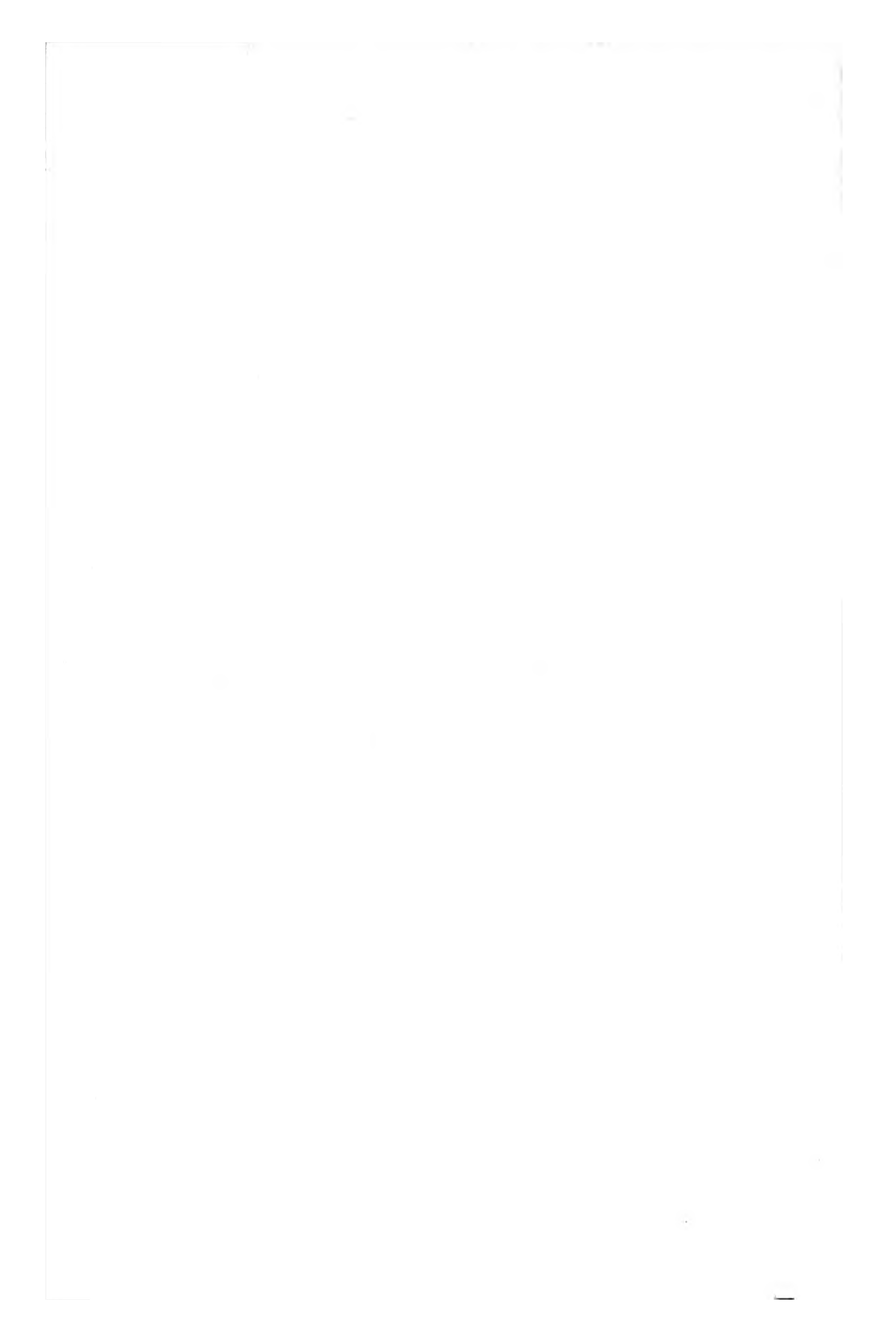
Von den in den **Verhandlungen** abgedruckten Arbeiten werden den Verfassern 100 Sonderabzüge mit Umschlag unentgeltlich geliefert. Weitere vor dem Druck bestellte Abzüge werden vom Verlag mit 3 Pf. für den Bogen oder Bogenteil berechnet; hierzu treten die Kosten für Umschlag und für Tafeln.

Für Form und Inhalt sind allein die Verfasser verantwortlich. Wenn durch Unleserlichkeit der Manuskripte oder nachträglich vorgenommene, über das übliche Maß hinausgehende Verbesserungen Unkosten entstehen, haben die Verfasser dafür aufzukommen.

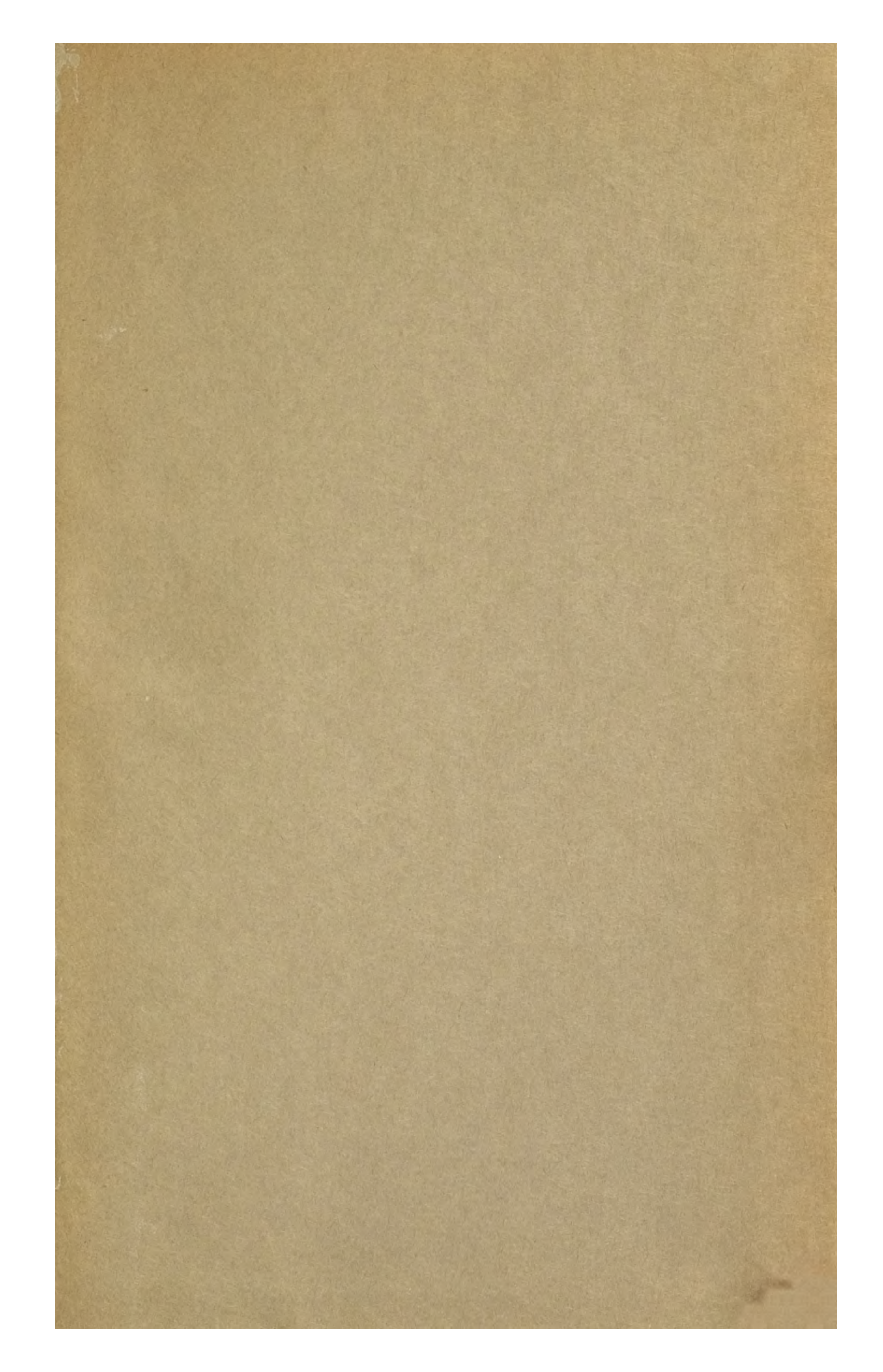
Beiträge und alle auf den Druck bezüglichen Mitteilungen sowie Verbesserungen sind nicht an die Druckerei oder den Verlag, sondern ausschließlich an den Schriftführer zu richten, und zwar unter folgender Adresse: „Geologisch-Paläontologisches Institut (zu Händen von Professor Dr. W. Salomon) Heidelberg, Hauptstraße 52 II.“

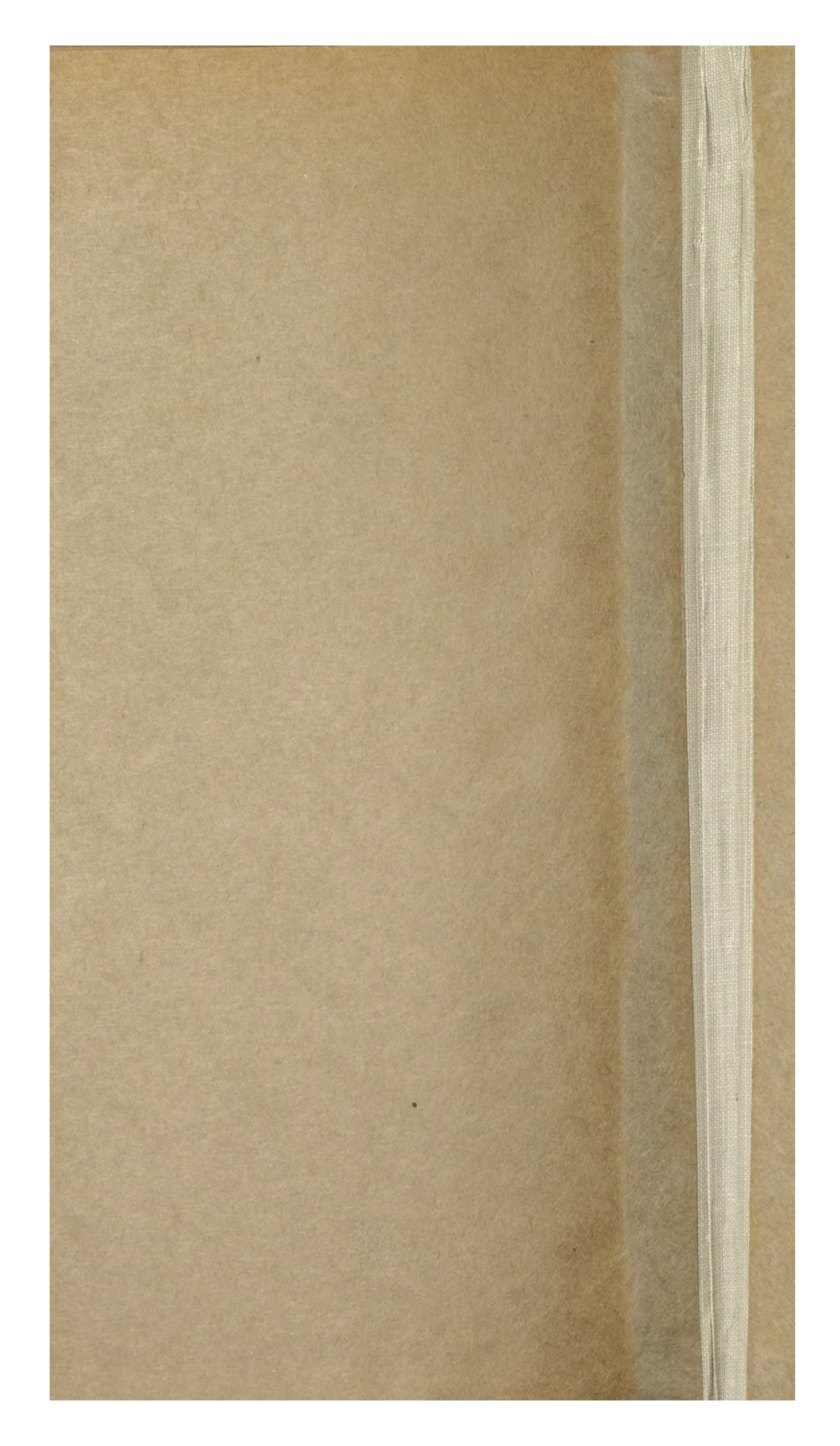
Ansprüche wegen nicht eingegangener Hefte können nur dann Berücksichtigung finden, wenn sie beim Empfang des nächsten Heftes geltend gemacht werden.

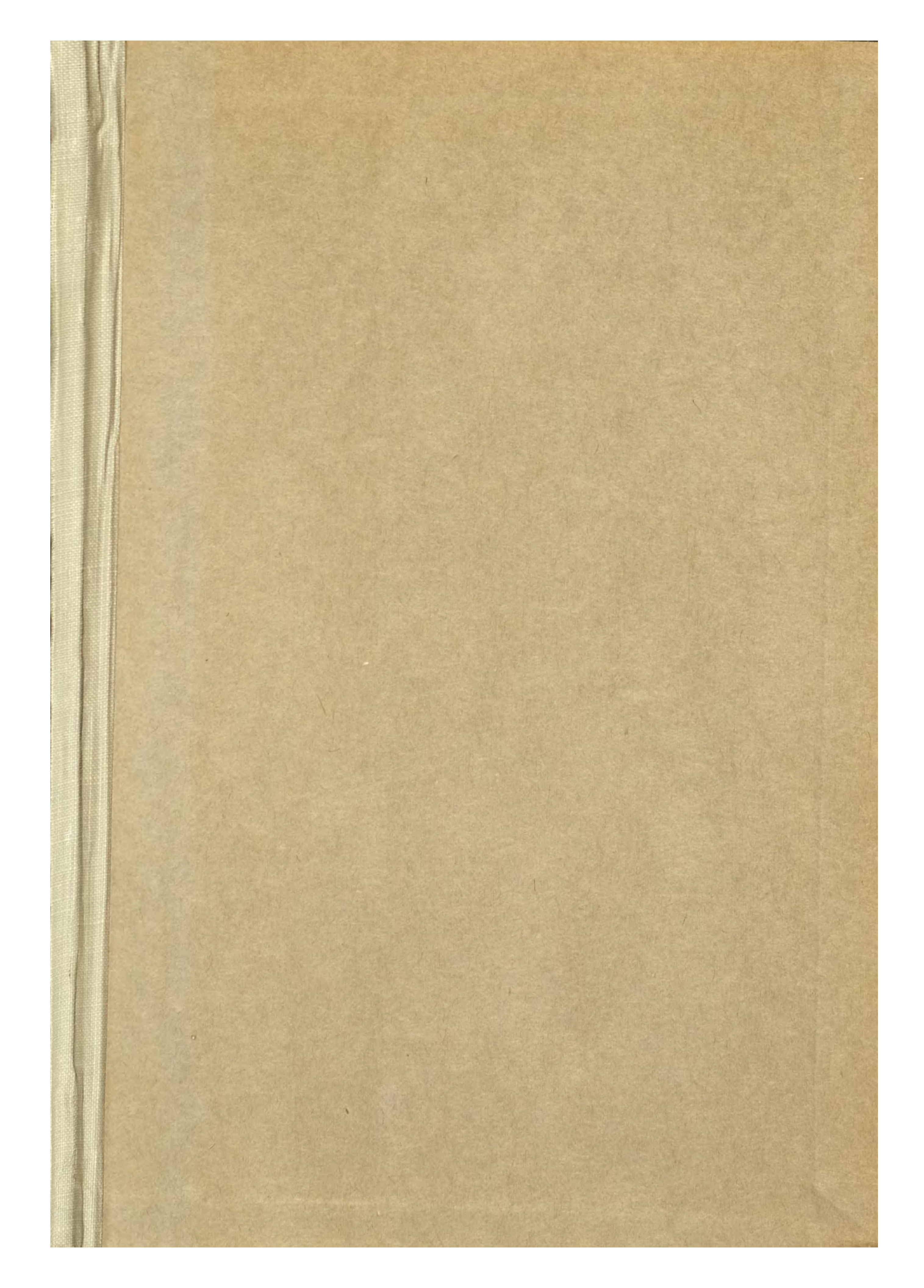
Carl Winters Universitätsbuchhandlung, Abteilung Druckerei, Heidelberg

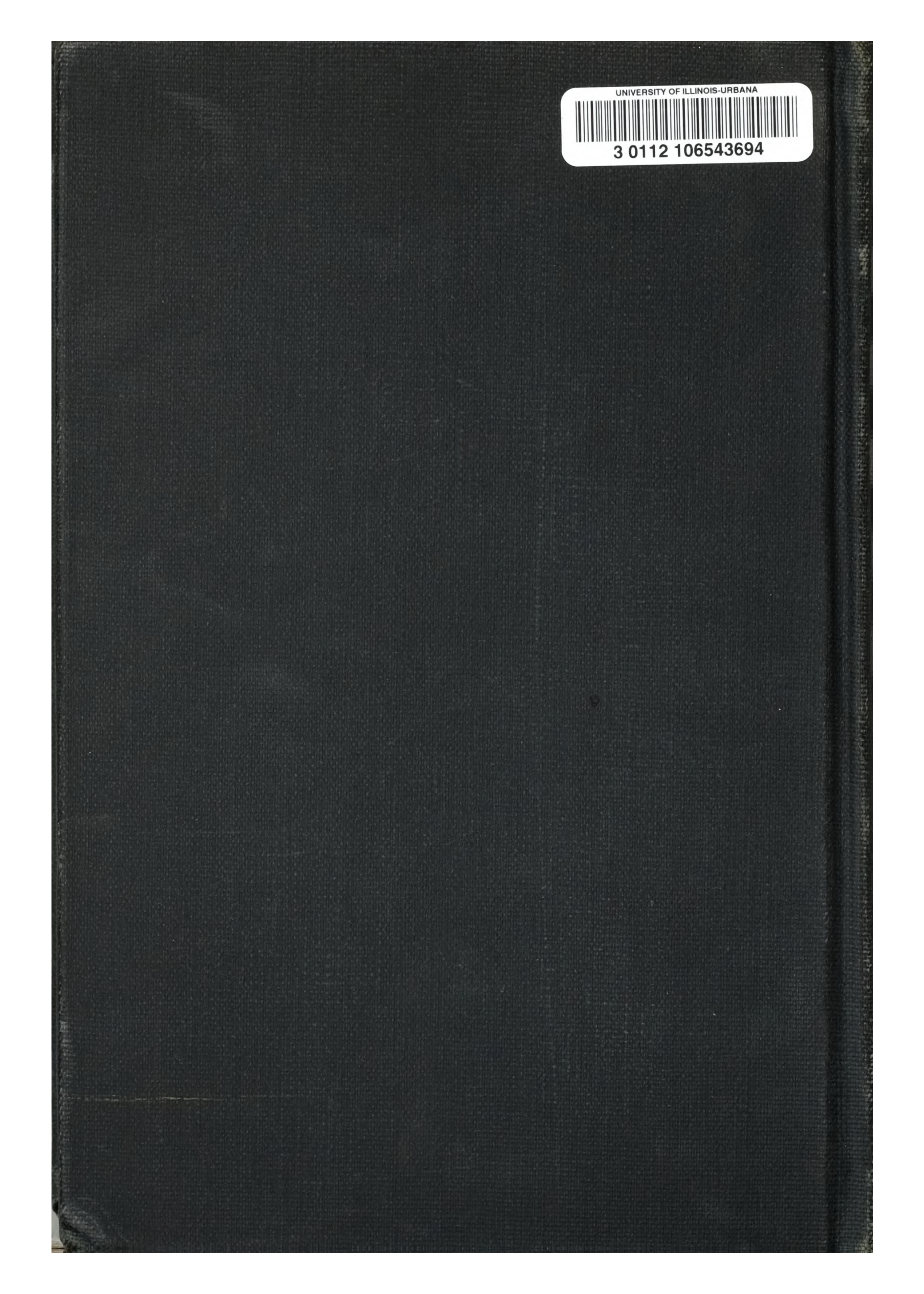











UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 106543694